

บทที่ 2

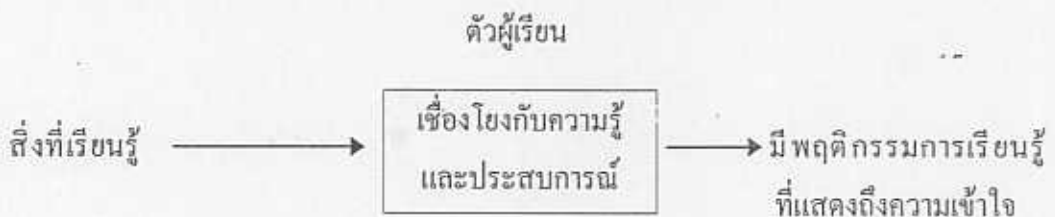
ทฤษฎีและงานวิจัย

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการขนส่งและการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการสอนโดยใช้มโนทัศน์คู่วิกับการสอนตามปกติ ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อต่อไปนี้

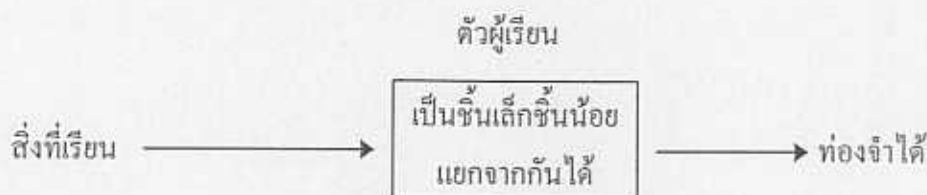
- 2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของ AUSUBEL
- 2.2 มโนทัศน์คู่วิ : ความหมายและการนำไปใช้ในการเรียนการสอน
- 2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของ AUSUBEL

AUSUBEL (1968) ได้เสนอทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายว่า การเรียนรู้ที่มีความหมายเป็นการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างทางสติปัญญา (Cognitive Structure) ของผู้เรียน ทำให้เกิดความรู้ใหม่ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและความคงทนในสิ่งที่เรียนนั้น ซึ่งแตกต่างจากการเรียนรู้แบบท่องจำที่เกิดขึ้น โดยผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่เข้ากับสิ่งที่เรียนรู้อยู่ก่อนในโครงสร้างทางสติปัญญา ดังนั้นผู้เรียนจึงไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจ กิงฟ้า สินธุวงษ์ (2525) ได้ชี้ให้เห็นความแตกต่างระหว่างการเรียนรู้ที่มีความหมายตามแนวคิดของ AUSUBEL กับการเรียนรู้แบบท่องจำ ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 1 การเรียนรู้ที่มีความหมาย



รูปที่ 2 การเรียนรู้แบบท่องจำ

นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาอีกหลายคนกล่าวถึงการเรียนรู้ที่มีความหมาย ตามแนวคิดของ AUSUBEL เช่น Novak (1980) กล่าวว่า การเรียนรู้ที่มีความหมายนั้นผู้เรียนต้องเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับมโนคติหรือความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่แล้ว ซึ่งมโนคติเดิมของผู้เรียนจะเป็นสิ่งเร้าให้ผู้เรียนสรุปรวม มโนคติที่เกี่ยวข้องกันเกิดเป็นความรู้ใหม่อย่างมีระบบและเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายได้เร็วขึ้น

Novak ได้ยกตัวอย่างการเรียนรู้ที่มีความหมายและการเรียนแบบท่องจำ โดยกำหนดคำ 12 คำให้นักเรียนสองกลุ่มได้เรียนรู้โดยวิธีแตกต่างกัน กลุ่มแรกเรียนรู้จากการจัดกลุ่มคำอย่างไม่เป็นระบบตามบัญชีรายชื่อของสิ่งที่เรียนกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่สองเรียนรู้จากการจัดกลุ่มคำที่จัดเป็นระบบตามบัญชีรายชื่อกลุ่มที่ 2 ดังรูปที่ 3 บัญชีรายชื่อคำที่จัดเป็นระบบและคำที่จัดไม่เป็นระบบ

บัญชีรายชื่อกลุ่มที่ 1

วานิลลา

ช้าง

โต๊ะเขียนหนังสือ

สีเหลือง

ชอค โคลแลต

สีแดง

อูฐ

สตอร์เบอรี่

สีเขียว

ม้า

เก้าอี้

โต๊ะรับประทานอาหาร

บัญชีรายชื่อกลุ่มที่ 2

วานิลลา

ชอค โคลแลต

สตอร์เบอรี่

ช้าง

อูฐ

ม้า

โต๊ะเขียนหนังสือ

เก้าอี้

โต๊ะรับประทานอาหาร

สีแดง

สีเหลือง

สีเขียว

รูปที่ 3 บัญชีรายชื่อคำที่จัดเป็นระบบและคำที่จัดไม่เป็นระบบ

(อ้างอิงใน Novak, 1980 หน้า 2-5)

จากผลการศึกษานี้พบว่านักเรียนที่เรียนจากกลุ่มคำที่จัดอย่างเป็นระบบจะเรียนรู้ได้เข้าใจ และจดจำคำต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว

Sherris และ Kahle (อ้างถึงใน บัควรี ประวะภูโต, 2532) กล่าวว่า การเรียนรู้ย่อมมีความหมายนั้น ผู้เรียนจะสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับมโนคติ และหลักการที่ผู้เรียนมีอยู่ในโครงสร้างความรู้เดิม ซึ่งการเรียนรู้ย่อมมีความหมายนี้จะทำให้ผู้เรียนมีความคงทนในการเรียนรู้สามารถระลึกได้แม้ช่วงเวลาจะผ่านไปนาน นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์หรือตอบปัญหาใหม่ ๆ ได้

Novak และ Gowin (1985) กล่าวว่า การเรียนรู้ย่อมมีความหมายคือ การที่ผู้เรียนสามารถเลือกที่จะเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับมโนคติหรือความรู้เดิมที่มีอยู่อย่างสัมพันธ์กันในขณะที่การเรียนรู้แบบท่องจำนั้นผู้เรียนจะใช้วิธีการจดจำทุกๆ สิ่งที่ย่อยอย่างปราศจากเหตุผลโดยไม่มีการผสมผสานเข้ากับโครงสร้างความรู้ที่มีอยู่เดิม

สก็อตติน สมอุมจารย์ (2529) กล่าวว่า การเรียนรู้ย่อมมีความหมายคือ การเรียนรู้ที่ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจและคงทนจากการเชื่อมโยงสิ่งที่จะเรียนเข้ากับความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องในโครงสร้างของสติปัญญา

พิทักษ์ เจริญวานิช (2531) ได้สรุปเกี่ยวกับการเรียนรู้ย่อมมีความหมายไว้ว่า การเรียนรู้ย่อมมีความหมายเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้และประสบการณ์เดิมทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจและมีความคงทนในการเรียนรู้

บัควรี ประวะภูโต (2532) อธิบายถึงการเรียนรู้ย่อมมีความหมายว่า การเรียนรู้ย่อมมีความหมายเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมในโครงสร้างทางสติปัญญาอย่างมีเหตุผลและต่อเนื่องกัน ผู้เรียนสามารถจัดระบบความรู้ใหม่ที่เกิดการเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจและมีความคงทนในการเรียนรู้

นิภา คำเนตร (2533) อธิบายการเรียนรู้ย่อมมีความหมายว่า เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถรู้ได้อย่างเข้าใจ จากการเลือกเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับมโนคติหรือข้อความเดิมที่มีอยู่แล้วในโครงสร้างทางสติปัญญาได้อย่างมีเหตุผลและสอดคล้องสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง จนสามารถจัดระบบความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีแบบแผนในโครงสร้างทางสติปัญญา ทำให้มีความคงทนในการเรียนรู้

ทฤษฎีการเรียนรู้ย่อมมีความหมายของ Ausubel (อ้างถึงใน Joyce และ Weil, 1980) เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ 3 อย่างคือ

1. การจัดระบบของความรู้ (เนื้อหาในหลักสูตร)
2. วิธีการรับรู้ข้อมูล (วิธีการเรียนรู้)

3. วิธีการนำเอาความรู้ในหลักสูตรและวิธีการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ เมื่อต้องนำเสนอสิ่งใหม่ให้แก่ผู้เรียน (การเรียนการสอน)

แต่อย่างไรก็ตาม Joyce และ Weil (1980) ได้กล่าวไว้อีกว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมมากขึ้น และครูจะมีบทบาทในการเลือกจัดระบบและนำเสนอความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน

Ausubel (อ้างถึงใน กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และ ละออ แสนศักดิ์, 2524) ได้กล่าวไว้ว่า วิชาหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยมโนคติที่สามารถนำมาจัดให้ต่อเนื่องกันได้ โดยมโนคติที่อยู่บนยอดของฐานจะครอบคลุมและรวมไว้ซึ่งใจความของมโนคติที่รองลงไป ดังนั้นผู้สอนสมควรจะเริ่มสอนด้วยมโนคติครอบคลุม ซึ่งเป็นมโนคติที่มีลักษณะนามธรรมแล้วค่อย ๆ เจาะลึกลงไปถึงมโนคิย่อย ๆ ที่เกี่ยวข้อง และยังได้เน้นว่าในการนำเสนอบทเรียนนั้นผู้สอนควรอย่างยิ่งที่จะจัดประสบการณ์กิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละวิชาในลักษณะที่เป็นมโนคติ ข้อคิดและข้อมูลต้องมีลักษณะดังนี้

ก. มีความสัมพันธ์กันกับ โครงสร้างของการรับรู้เข้าใจของผู้เรียน

ข. ปลุกฝังให้ผู้เรียนได้รับรู้เข้าใจและคงไว้ซึ่งความรู้ในเรื่องที่สอน วิธีสอนที่จะเสนอให้ผู้เรียนได้รับรู้เข้าใจตามหลักการ 2 ข้อข้างต้น ได้แก่

1. แสดงให้เห็นความแตกต่างของรายละเอียดในเนื้อเรื่องเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ

2. พยายามให้ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง เพื่อคงไว้ซึ่งความรู้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการสอน จึงจำเป็นที่จะต้องให้ผู้สอนรู้จักสรุปข้อคิดและข้อเท็จจริงต่าง ๆ และรู้จักประสานเข้าด้วยกันระหว่างความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ในขณะที่ต้องตอบสนองอย่างเป็นขั้นตอนต่อคำถาม ต่าง ๆ ที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้ค้นพบด้วยตัวเอง วิธีนี้จำเป็นจะต้องจัดขั้นตอนของการเรียนรู้ให้ต่อเนื่องกัน

แต่ Novak (1980) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้ที่มีความหมายจะเกิดขึ้นได้หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับ

1. ลักษณะของการจัดเนื้อหา

2. ระดับความสามารถในการเชื่อมโยงมโนคติของผู้เรียนแต่ละคน

3. ความพยายามในการเชื่อมโยงเนื้อหาใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว

นอกจากนี้ Ausubel (อ้างถึงใน กิ่งฟ้า สินธุวงษ์, 2525) ได้ชี้ให้เห็นว่า วิธีสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้มีความหมายขึ้นอยู่กับเงื่อนไข 3 อย่าง ดังนี้

1. ความรู้ใหม่ต้องมีความหมายเชิงเหตุผลต่อเนื่องกับความรู้เดิมของผู้เรียน

2. โครงสร้างของความรู้เดิมต้องสัมพันธ์กับความรู้ใหม่

3. ผู้เรียนต้องเข้าใจและมีเจตนาแน่วแน่ที่จะเรียนรู้อย่างมีความหมาย มิฉะนั้นแล้วการมีเงื่อนไขเพียง 2 ข้อแรกก็อาจจะทำให้เกิดการเรียนรู้แบบท่องจำได้ การสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ควรจัดเนื้อหาให้มีระบบ โดยมโนคติที่ครอบคลุมให้อยู่บนยอดซึ่งจะรวบรวมความหมายของมโนคติที่อยู่รองลงไปดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การจัดเนื้อหาความรู้อย่างมีระบบ และมีขั้นตอนจากมโนคติที่อยู่บนยอดจะครอบคลุมมโนคติที่รองลงมา (กึ่งฟ้า สันตวงษ์, 2525 หน้า 170)

จากแนวคิดของ Ausubel (อ้างถึงใน Joyce และ Weil, 1980) ได้ชี้ให้เห็นว่าในเรื่องของเนื้อหาและโครงสร้างทางสติปัญญามีความสำคัญและนำไปใช้ได้โดยการสร้างหลักสูตร และกระบวนการเรียนการสอน โดยใช้หลักสำคัญ 2 อย่าง คือ Progressive Differentiation และ Integrative Reconciliation

1. Progressive Differentiation หมายถึง การนำเสนอแนวคิดที่เป็นหลักกว้าง ๆ ก่อนที่จะนำเสนอรายละเอียดปลีกย่อย และความเฉพาะเจาะจง หรือสอนจากสิ่งใหญ่ไปหาสิ่งเล็ก
2. Integrative Reconciliation เป็นการผสมผสาน ความรู้ใหม่กับความรู้เดิมอย่างค่อยเป็นค่อยไปและระมัดระวังเพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย หรือสอนจากสิ่งเล็กไปหาสิ่งใหญ่

ดังนั้นให้ผู้สอนนำเสนอกิจกรรมการเรียนการสอนให้แก่ผู้เรียนโดยใช้หลักของ Progressive Differentiation ก็จะเกิด Integrative Reconciliation ตามมาซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายได้

นอกจากนี้ Ausubel (อ้างถึงใน Joyce และ Weil 1980) ยังได้กล่าวอีกว่าโครงสร้างทางสติปัญญา (Cognitive Structure) ของบุคคลเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการเรียนรู้ใหม่ เพราะการเรียนรู้ใหม่อย่างมีความหมายจะเกิดขึ้นได้ต้องมีรับและเก็บความรู้ที่เดิม ดังนั้นก่อนที่ครูจะนำเสนอความรู้ใหม่ ครูจะต้องพยายามทำให้โครงสร้างทางสติปัญญาของนักเรียนพร้อมที่จะเรียนรู้ใหม่ โดยการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนให้เป็นระบบซึ่งจะช่วยให้โครงสร้างการเรียนรู้ของนักเรียนพร้อมที่จะเรียนรู้ความรู้ใหม่ได้

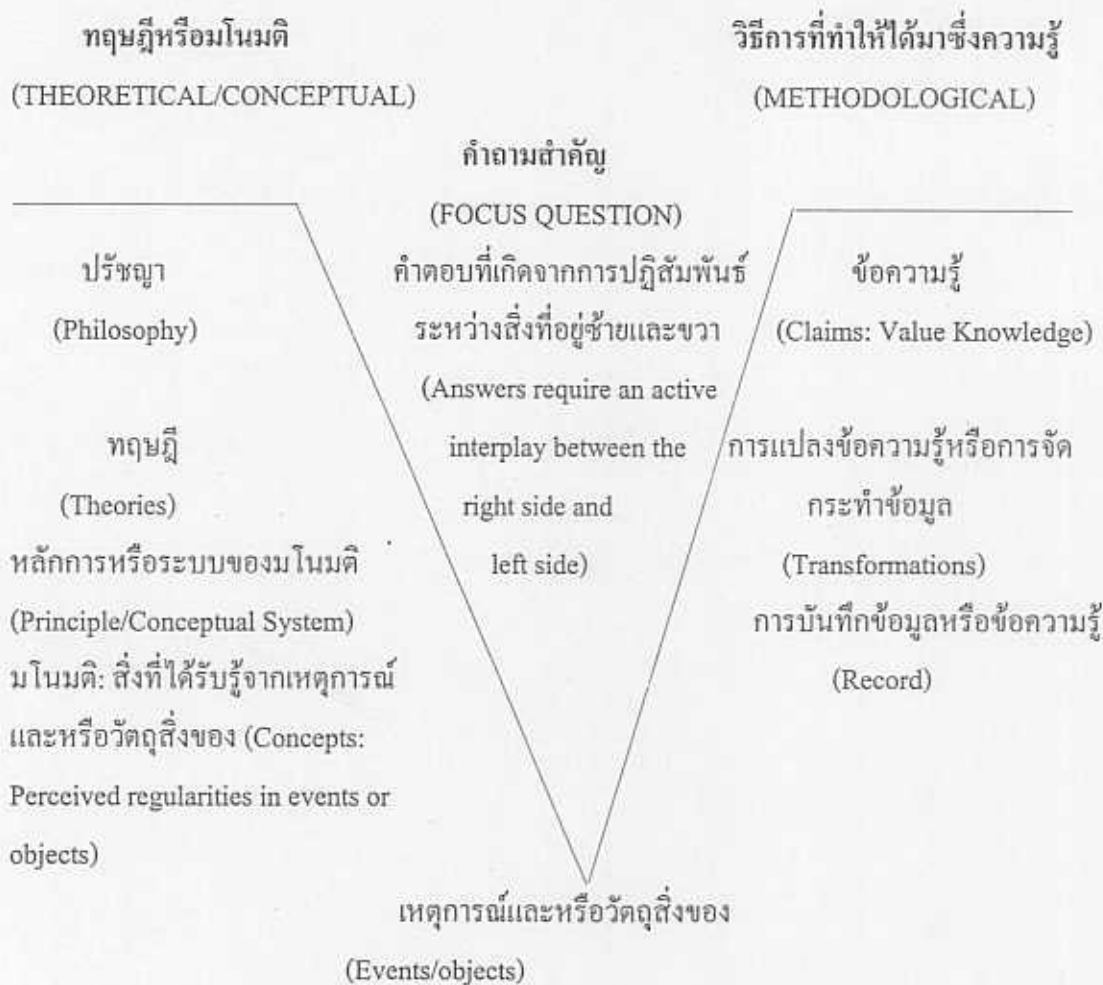
2.2 มโนคติปฏัตวี : ความหมายและการนำไปใช้ในการเรียนการสอน

2.2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับ VEE HEURISTICS

VEE HEURISTICS เป็นเครื่องมือที่ช่วยแก้ปัญหาหรือช่วยให้เข้าใจวิธีการมโนคติปฏัตวีเป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ครั้งแรกเพื่อช่วยให้ครูและนักเรียนได้เข้าใจถึงจุดประสงค์ของการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง มโนคติปฏัตวีเป็นแนวคิดของ Gowin เขาได้นำมาเสนอครั้งแรกเมื่อประมาณ 20 ปีเศษมาแล้ว เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจโครงสร้างของความรู้และวิธีทำให้เกิดความรู้โดยพัฒนามาจากการใช้คำถาม 5 ข้อของ Gowin (Gowin's Original Five Questions) มีดังนี้

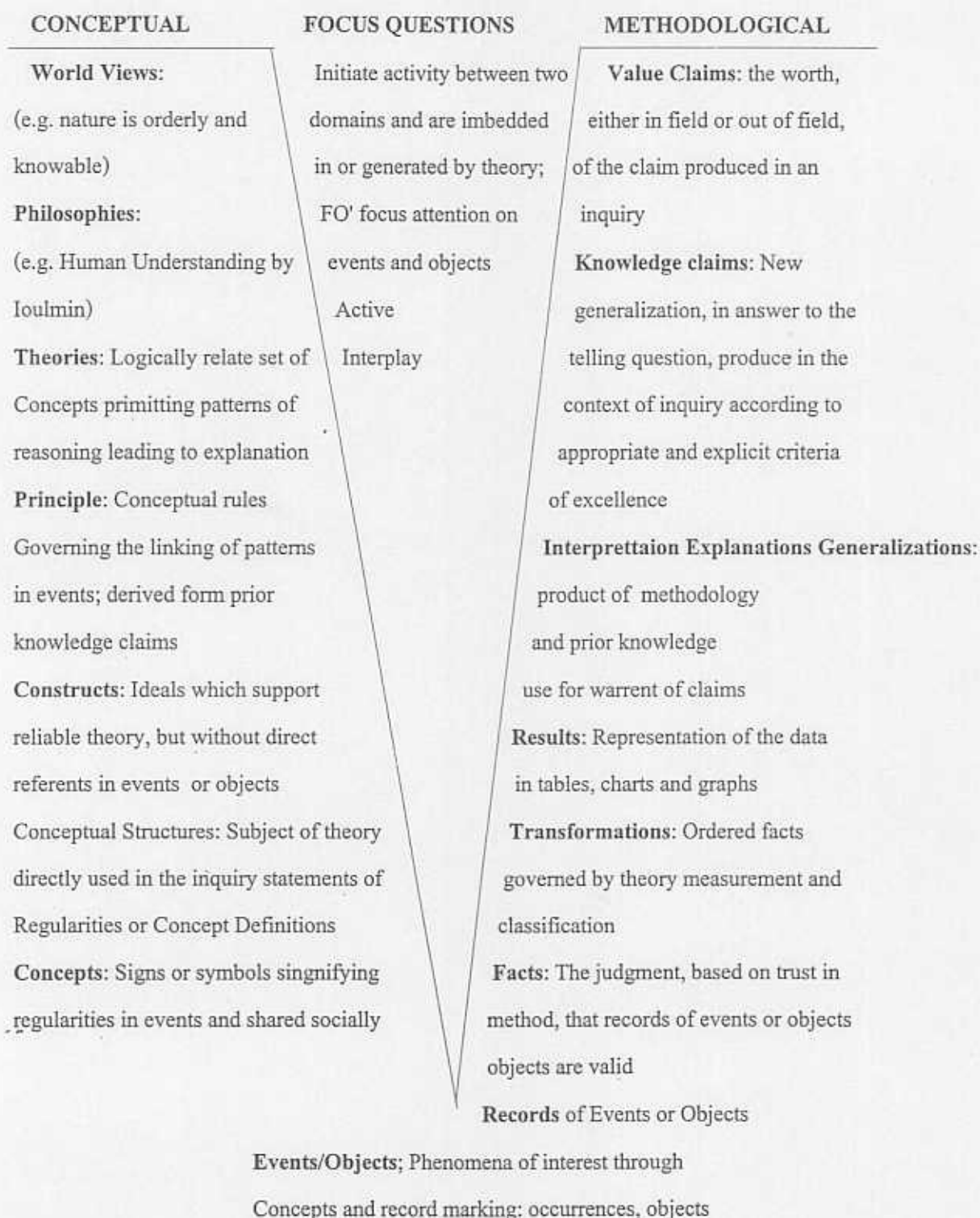
1. อะไรคือสิ่งที่ต้องการถาม? (What is the "telling question"?)
2. อะไรคือมโนคติหลัก? (What are the key Concepts ?)
3. วิธีการที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้มีอะไรบ้าง? [What methods of inquiry (Procedural Commitments) are used ?]
4. ข้อความสำคัญมีอะไรบ้าง? (What are the major knowledge Claims ?)
5. คุณค่าของความรู้คืออะไร? (What are the value claims?)

มโนคติปฏัตวีถูกนำมาใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ.1977 ซึ่งเป็นที่ยอมรับของครูและนักเรียนระดับวิทยาลัย และมหาวิทยาลัย ในปี ค.ศ. 1978 มโนคติปฏัตวีได้ถูกนำมาใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งถูกนำมาใช้แพร่หลายทั้งในระดับมัธยมศึกษาและวิทยาลัย



รูปที่ 5 Gowin's VEE Heuristic ซึ่งแสดงถึงองค์ประกอบของกระบวนการทางความคิด และการกระทำให้เกิดความรู้ (อ้างถึงใน Novak, 1980 หน้า 3)

รูปที่ 5 เป็นคำอธิบายขององค์ประกอบที่จำเป็นของมโนคติรูปตัววี ที่จะช่วยให้เข้าใจในธรรมชาติของความรู้ และวิธีการที่จะทำให้เกิดความรู้ สำหรับรูปที่ 5 เสนอองค์ประกอบของมโนคติรูปตัววีในรายละเอียดมากขึ้น ซึ่งแสดงไว้เป็นภาษาอังกฤษตามต้นฉบับเดิมเพื่อความถูกต้องในการอ้างอิงต่อไป



รูปที่ 6 โครงสร้างรายละเอียดของมโนมตรูปตัววี
(อ้างถึงใน Novak, 1980 หน้า 56)

คำที่พิมพ์ด้วยเส้นหนาถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของมโนติรูปตัววิที่จะต้องทำความเข้าใจก่อนที่จะใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ มโนติเป็นสิ่งสำคัญที่บ่งชี้ให้รู้ถึงการเลือกสังเกตเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของและการบันทึกข้อมูลถ้าหากมีมโนติไม่เพียงพอหรือผิดพลาดจะทำให้ไม่ได้ข้อเท็จจริง ซึ่งไม่สามารถจัดกระทำข้อมูลเพื่อนำไปสู่ข้อความที่ควรจะได้ มโนติรูปตัววิช่วยให้เข้าใจว่าความรู้ที่ได้มาจากการสังเกตเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของและเข้าใจความหมายของการบันทึกข้อมูลจากเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของด้วย รวมทั้งแสดงให้เห็นว่าทุกองค์ประกอบของมโนติรูปตัววินั้นมีผลต่อเนื่องกันอย่างมีความหมาย

การปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน เรามักจะพบว่านักเรียนทำการบันทึกข้อมูลจากเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของ หรือจัดกระทำข้อมูลในรูปของกราฟ ตาราง และแผนภูมิ ตลอดจนข้อสรุปหรือข้อความรู้ที่ได้ โดยที่นักเรียนไม่สามารถทราบเลยว่า ทำไมจึงต้องทำเช่นนั้น มีนักเรียนจำนวนเพียงเล็กน้อยที่จะเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างมโนติ หลักการ หรือทฤษฎีกับเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของที่ทำการสังเกต เข้าใจถึงเหตุผลของการบันทึกข้อมูล หรือสาเหตุของการสรุปผลการทดลองที่ผิดพลาดไปจากข้อมูล เมื่อพิจารณาดำรง หรือหนังสืออ้างอิงต่าง ๆ กล่าวโดยสรุปแล้วนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงวิธีการแสวงหาความรู้ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนกระทำอยู่เข้ากับความคิดหรือความรู้ที่ได้ตามหลักการของนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างด้านความคิดกับด้านวิธีการหรือการกระทำ เป็นผลให้การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ล้มเหลวหรือไม่มีความหมาย

มโนติรูปตัววิเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่ได้และวิธีการที่ทำให้เกิดความรู้ รวมทั้งเข้าใจความหมายของปฏิบัติการโดยการใช้คำถามสำคัญนำ ซึ่งเป็นสิ่งที่จะกระตุ้นความคิดของนักเรียนให้แสดงออกมาได้เป็นอย่างดี มโนติรูปตัววิเป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงกระบวนการที่ทำให้เกิดความรู้ในตัวของผู้เรียนด้วย

ประโยชน์ของการกำหนดรูปร่างของมโนติรูปตัววิมีดังนี้

1. ตำแหน่งปลายของมโนติรูปตัววิ คือเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของชี้ให้เห็นรากฐานของความรู้ซึ่งกระทำให้ผู้เรียนตระหนักได้ว่า ความรู้ที่ได้นั้นมาจากเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของซึ่งเป็นประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้รับโดยตรง
2. รูปร่างของมโนติรูปตัววิช่วยให้ผู้เรียนได้ระลึกถึงความรู้เดิม และมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่

3. คุณค่าของรูปร่างของมโนมิตรูปตัววีด้านอื่น ๆ คือ มโนมิตรูปตัววีจะช่วยให้ผู้เรียนบันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้องและมีความหมาย ทั้งนี้เพราะมโนมิตรูปตัววีจะชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างมโนคติหลักกับวัตถุประสงค์ของและหรือเหตุการณ์ที่ทำการศึกษา

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ามโนมิตรูปตัววีมีความสำคัญต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคือ

1. เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์กระบวนการสืบเสาะ
2. เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ ๆ

การฝึกฝนสร้างมโนมิตรูปตัววีจะเป็นการปลูกฝังลักษณะทั้งสองดังกล่าวขึ้นในจิตใจของผู้เรียน มโนมิตรูปตัววีจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ โดยมโนมิตรูปตัววีจะเป็นเครื่องบ่งชี้ให้เห็นมโนคติและหลักการสำคัญที่ใช้ในการสืบค้น เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ขึ้นมา โดยผู้เรียนจะต้องระดมโนมิตเดิมที่มีอยู่แล้วได้และสามารถเชื่อมโยงมโนคติที่มีอยู่เดิมแล้วเข้ากับสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ เพื่อให้เกิดความรู้หรือมโนคติใหม่ นั่นคือ ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

นอกจากมโนมิตรูปตัววีจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายเกี่ยวกับมโนคติแล้ว ยังช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายเกี่ยวกับวิธีการที่ได้มาซึ่งความรู้อีกด้วย โดยผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ถึงการสะสมความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการต่าง ๆ ที่จะทำให้ได้ความรู้ขึ้นมา ทำให้รู้ว่าคุณรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาอย่างไร เรียนรู้ถึงคุณค่าของมโนคติ การใช้ทฤษฎีในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งรู้ว่าคุณรู้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ผู้เรียนสามารถเข้าใจถึงเหตุผลของการบันทึกข้อมูล การจัดกระทำข้อมูลและข้อจำกัดของการพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือ ผู้เรียนรู้ว่าคุณรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มานั้นมีผลมาจากการใช้กระบวนการสืบเสาะ ซึ่งการสืบเสาะแสวงหาความรู้มีผลมาจากความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางสติปัญญาของผู้เรียนกับวิธีการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้

2.2.2 ความหมายของมโนมิตรูปตัววี

Novak (1980) ได้ให้ความหมายของมโนมิตรูปตัววีว่า เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาธรรมชาติของความรู้และผลิตของความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์

Lehman, Carter และ Kahle (1985) ได้กล่าวถึงความหมายของมโนมิตรูปตัววีตามแนวคิดของ Novak ไว้ว่า มโนมิตรูปตัววีเป็นแบบแผนที่ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะวิธีการของกิจกรรมซึ่งทำให้เกิดรูปแบบของความคิด

Gerley (อ้างถึงใน บัวศรี ประวะภูโต, 2532) กล่าวว่า มโนมิตรูปตัววีเป็นแบบแผนที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้แสดงความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี วิธีการ ความคิด กับการสังเกตและการเชื่อมโยงความเข้าใจระหว่างกิจกรรมการทดลองกับเนื้อหาในตำราเรียน

Novak และ Gowin (1985) ให้ความหมายของมโนคติปฏัตวี่ว่า เป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงโครงสร้างของความรู้ และกระบวนการที่สร้างความรู้มากยิ่งขึ้น

พรณี ช. เจนจิต (2528) อธิบายถึงการเรียนรู้ที่มีความหมายว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ถ้าในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ นั้นผู้เรียนมีพื้นฐานที่เชื่อมโยงเข้ากับความรู้ใหม่ได้ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้สิ่งใหม่นั้นมีความหมาย

พิทักษ์ เจริญวานิช (2531) ได้สรุปความหมายของมโนคติปฏัตวี่ว่า เป็นแผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อความรู้และวิธีการที่จะได้ข้อความรู้นั้น

บัวศรี ประวะภูโต (2532) สรุปความหมายของมโนคติปฏัตวี่ว่า มโนคติปฏัตวี่เป็นแบบแผนที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการและกระบวนการทางความคิด ซึ่งทำให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงวิธีการศึกษาถึงธรรมชาติของความรู้ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการแสวงหาความรู้และผลผลิตของความรู้

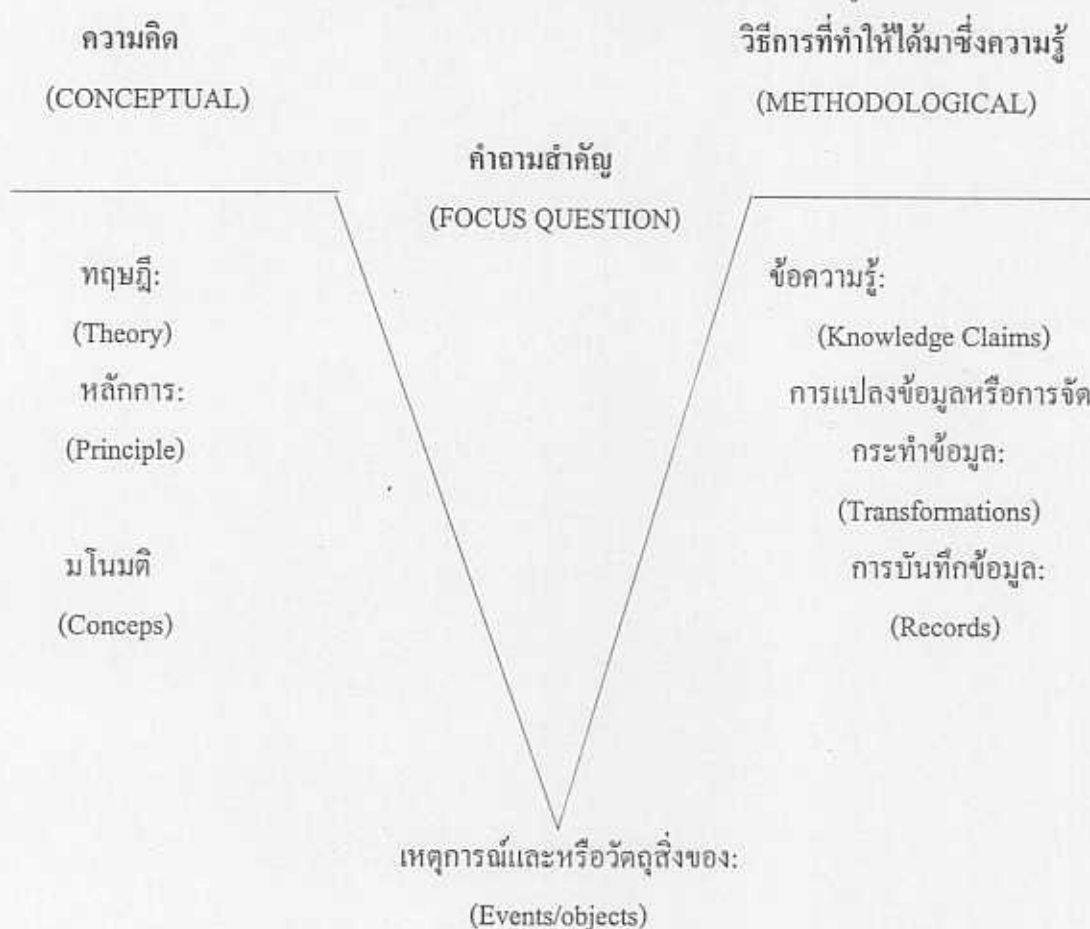
นิภา คำเนตร (2533) สรุปความหมายของมโนคติปฏัตวี่ว่า มโนคติปฏัตวี่เป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของความรู้ และเข้าใจวิธีการศึกษาถึงธรรมชาติของความรู้ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการแสวงหาความรู้และผลผลิตของความรู้ มีลักษณะเป็นแบบแผนที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการและกระบวนการความคิด

จากความหมายของมโนคติปฏัตวี่ดังกล่าว ผู้วิจัยสรุปได้ว่า มโนคติปฏัตวี่มีความหมายดังนี้

มโนคติปฏัตวี่ เป็นแบบแผนที่แสดงให้เห็นธรรมชาติของความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์และผลผลิตของความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ มโนคติปฏัตวี่ เป็นแบบแผนที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้แสดงความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับวิธีการ ความคิดกับการสังเกต และวิธีการเชื่อมโยงความเข้าใจระหว่างกิจกรรม การทดลอง กับเนื้อหาในตำราเรียน มโนคติปฏัตวี่ เป็นแบบแผนที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการและกระบวนการทางความคิด ซึ่งทำให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงวิธีการศึกษาถึงธรรมชาติของความรู้ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการแสวงหาความรู้และผลผลิตของความรู้

2.2.3 โครงสร้างของมโนคติรูปตัววี

โนแวก (Novak, 1980) กล่าวถึงโครงสร้างย่อยของมโนคติรูปตัววีมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 7 ลักษณะโครงสร้างของมโนคติรูปตัววีของโกวิน

(Gowin's Knowledge "V")

(อ้างถึงใน Novak, 1980 หน้า 4-1)

จากรูปตรงกลางของมโนคติรูปตัววี คือคำถามสำคัญ (Focus Question) ซึ่งจะนำไปสู่การศึกษาเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของ (Events/Objects) ที่อยู่ตอนปลายของมโนคติรูปตัววี สำหรับด้านข้างสองข้างของมโนคติรูปตัววี ด้านซ้ายมือประกอบด้วยกระบวนการทางความคิด (Thinking) มีองค์ประกอบย่อย คือ มโนคติ (Concepts) หลักการ (Principles) และทฤษฎี (Theory) ส่วนด้านขวามือเป็นด้านที่แสดงถึงกระบวนการของวิธีการ (Methodology) หรือด้านการกระทำ (Doing) มีองค์ประกอบย่อยคือ การบันทึกข้อมูล (Records) การจัดกระทำข้อมูล (Transformation) และข้อความรู้ (Knowledge Claims) องค์ประกอบทั้ง 9 ส่วนของมโนคติรูป

ตัววีจะมีความสัมพันธ์และต่อเนื่องกันโดยเริ่มต้นที่คำถามสำคัญซึ่งจะนำไปสู่การสังเกตเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของแล้วทำการบันทึกข้อมูลและจัดกระทำข้อมูลเพื่อให้แปลความหมายและอ่านข้อมูลได้ง่ายขึ้น หลังจากนั้นผู้เรียนจะได้ข้อความรู้ขึ้นมาจากด้านวิธีการแล้วนำไปสู่ด้านความคิดโดยผู้เรียนจะเกิดมโนคติในเรื่องที่เรียนแล้วเกิดหลักการซึ่งมีความสัมพันธ์ของมโนคติหลาย ๆ มโนคติ จากหลักการคือทฤษฎีที่ใช้ในการอธิบายเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของเกิดขึ้น Novak ได้วิเคราะห์มโนคิรูปตัววีในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างในรูป 7, 8, 9 และ รูปที่ 10



รูปที่ 8 เป็นรูปแสดงองค์ประกอบของกระบวนการแสวงหาความรู้โดยใช้มโนคิ
รูปตัววีโดยละเอียด (Gowin's Vee Heuristic) (Novak, 1984)

ความคิด

การกระทำ



เหตุการณ์และหรือวัตถุตั้งของ

ใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ที่ย้อมสี พร้อมทั้งวาดภาพเซลล์แสดงลักษณะ โครงสร้างและองค์ประกอบ

รูปที่ 9 มโนตริรูปตัววีแสดงการศึกษาเรื่องเซลล์ (Novak, 1980 หน้า 4-3)

ความคิด ทฤษฎี	คำถามนำ	การกระทำ ข้อความรู้
ทฤษฎีจลน์ของมวลสาร ไปที่แคลอรีมิเตอร์ในการจุ่ม หลักการ 1. ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่ง 2. ความร้อนวัดได้จากการเคลื่อนที่ ของโมเลกุลในเนื้อสาร 3. จำนวนพลังงาน 1 แคลอรี = ปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส 4. กฎการอนุรักษ์พลังงาน 5. เทอร์โมมิเตอร์ใช้วัดความเร็วเฉลี่ยของ โมเลกุลในเนื้อสาร 6. แคลอรีมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วัด ปริมาณความร้อน มโนมติ มวล อุณหภูมิ แคลอรี ความร้อน พลังงาน แคลอรีมิเตอร์ การเคลื่อนที่ของโมเลกุล เทอร์โมมิเตอร์	การสูญเสียพลังงานความร้อน แท่งเหล็กที่ร้อนลงใน แคลอรีมิเตอร์?	1. แท่งเหล็กที่ร้อนจะสูญเสียความร้อน ไปให้น้ำ ดังนั้นน้ำจึงได้รับ ความร้อน = แคลอรี 2. แท่งเหล็กที่ร้อนสูญเสียความร้อน ไปเท่ากับที่น้ำได้รับความเพิ่ม การจัดกระทำข้อมูล $M_2 - M_1 = \text{มวลของน้ำ}$ $T_2 - T_1 = \text{อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง}$ ความร้อนที่ได้รับ $= \text{มวลของน้ำ} \times \text{อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง}$ $\therefore \text{ความร้อนที่ถ่ายเทออกมา}$ $= (M_2 - M_1) \times (T_2 - T_1)$ การบันทึกข้อมูล $M_1 = \text{มวลของแคลอรีมิเตอร์}$ $=$ $M_2 = \text{มวลของแคลอรีมิเตอร์} + \text{น้ำ}$ $=$ $T_1 = \text{อุณหภูมิของน้ำในแคลอรีมิเตอร์}$ $=$ $T_2 = \text{อุณหภูมิสูงสุดของน้ำหลังจากจุ่ม}$ แท่งเหล็กที่ร้อนลงไป $=$
เหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของ จุ่มแท่งเหล็กที่ร้อนลงในน้ำที่อยู่ในแคลอรีมิเตอร์แล้วบันทึกมวลของแคลอรีมิเตอร์ และน้ำพร้อมทั้งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ		

รูปที่ 10 มโนมติรูปตัววีแสดงการศึกษาศึกษาการสำรวจมวลสารและพลังงาน
(นิภา คำเนตร, 2533. หน้า 42)

ความคิด

ทฤษฎี

ทฤษฎีการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

หลักการ

1. เมื่อผ่านกระแสสลับเข้าไปในขดลวดตัวนำแล้วขดลวดตัวนำจะมีอำนาจแม่เหล็ก
2. แม่เหล็กสามารถดูดเหล็กสารแม่เหล็กได้
3. แต่ละช่วงจุดใช้เวลาเท่า ๆ กัน คือ $1/50$ วินาที

มโนคติ



คำถามนำ

เราจะใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลาวัดอัตราเร็วของวัตถุได้อย่างไร?

การกระทำ

ข้อความรู้ที่ได้

1. สิ่งที่เราวัดได้โดยตรงคือระยะทาง
2. ช่วงเวลาระหว่างจุดเท่ากัน คือ $1/50$ วินาที
3. อัตราเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้น ๆ ใด ๆ คือ อัตราเร็วที่เวลาครึ่งหนึ่งของช่วงเวลานั้น
4. ในเวลาเท่ากัน (จำนวนช่วงจุดเท่ากัน) วัตถุเคลื่อนที่เร็วจะได้แถบกระดาษไปได้ระยะทางไกลกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ช้า

การจัดกระทำข้อมูล

คำนวณอัตราเร็วเฉลี่ย 4 ช่วงจุด

อัตราเร็วเฉลี่ย = $\frac{\text{ระยะทาง}}{\text{ช่วงเวลา}}$

= $\frac{\text{เซนติเมตร}}{4 \text{ จุด}}$

= $\frac{\text{เซนติเมตร}}{4/50 \text{ วินาที}}$

= $\frac{10^{-2} \text{ เมตร}}{4/50 \text{ วินาที}}$

เหตุการณ์

ปลายทั้งสองข้างของแถบกระดาษเครื่องเคาะสัญญาณเวลาติดกับวัตถุที่เคลื่อนที่ตามแนวระดับ แนวตั้งปล่อยตกอย่างอิสระ

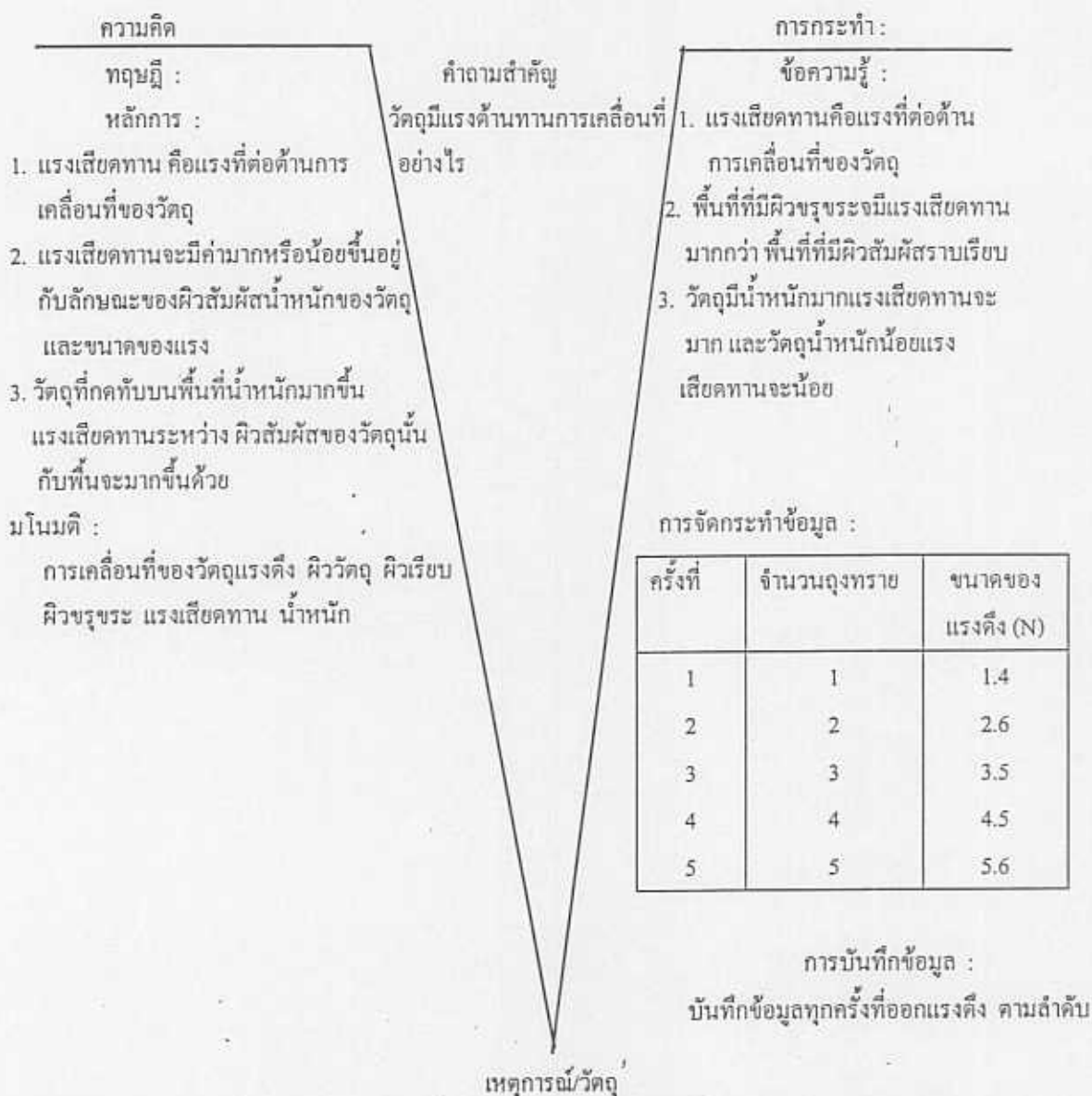
การบันทึกข้อมูล

เครื่องเคาะสัญญาณเวลาจะบันทึกช่วงจุดปรากฏบนกระดาษเทปทั้งการเคลื่อนที่ตามแนวตั้ง - แนวระดับ

รูปที่ 11 แสดงการสอนโดยใช้นิรนัยรูปตัววีเรื่องการใช้เครื่องเคาะสัญญาณเวลา

(มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2537 หน้า 139)

มโนทัศน์รูปตัววี แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุ



เปรียบเทียบแรงดึงกับน้ำหนักของวัตถุที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ แล้วบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับแรงดึง และเปรียบเทียบแรงดึงที่มีพื้นที่ผิวขรุขระกับพื้นที่ราบเรียบ

รูปที่ 12 แสดงการสอนโดยใช้มโนทัศน์รูปตัววี เรื่อง แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุ

รายละเอียดองค์ประกอบของมโนติรูปตัววี (Novak, 1980) ได้อธิบายไว้ดังนี้

2.2.3.1 คำถามสำคัญ (Focus Question) คือการตั้งคำถามสำคัญนั้นจะต้องคำนึงถึงมโนติหรือหลักการเดิมที่ผู้เรียนมีอยู่แล้ว เพื่อใช้ในการปฏิบัติการสืบเสาะให้ได้ความรู้ใหม่ คำถามสำคัญนั้นจะต้องบ่งชี้ให้รู้ถึงวิธีการที่จะเรียนรู้เหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของ ลักษณะของการบันทึก นอกจากนี้คำถามสำคัญจะบ่งชี้ให้รู้ถึงความแตกต่างของความรู้ที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยสรุปแล้วคำถามสำคัญที่ถูกตั้งนั้นจะต้องมีลักษณะดังนี้คือ

1. เป็นตัวกำหนดหรือชี้แนะมโนติ หลักการ ทฤษฎี และเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของที่จะใช้ในการกระบวนการสืบเสาะเพื่อให้ได้ความรู้ใหม่
2. ชนิดของคำถามสำคัญที่แตกต่างกัน ได้แก่ คำถามสำคัญที่ใช้คำว่าอะไร (What) อย่างไร (How) หรือ ทำไม (Why) จะทำให้เกิดความรู้ที่แตกต่างกัน

2.2.3.2 วัตถุสิ่งของ (Objects) คือวัตถุสิ่งของที่เราต้องการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมา วัตถุสิ่งของจะต่างจากมโนติ คือวัตถุสิ่งของเป็นสิ่งที่ต้องการจะตรวจสอบ

2.2.3.3 เหตุการณ์ (Events) คือสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ในกระบวนการสืบเสาะ เหตุการณ์นี้จะเป็นเหตุการณ์ที่สามารถทำให้เกิดขึ้นได้ เป็นสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องนำการบันทึกซึ่งเหตุการณ์ที่ต้องการจะรู้โดยจะต้องสามารถตรวจสอบได้ในครั้งต่อ ๆ ไป

2.2.3.4 มโนติ (Concepts) คือความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือการได้ประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปในการเรียนรู้ข้อเท็จจริง การสรุปรวม (Generalization) หรือหลักการเกี่ยวกับเรื่องนั้นมาก่อน และยังสามารถระลึกได้ว่าสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง คือ สามารถแยกแยะลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นออกมาจากสิ่งอื่นได้อย่างชัดเจน มโนติประกอบด้วย มโนติที่ผู้เรียนรู้อยู่ก่อน และเกี่ยวข้องกับเนื้อหาหรือเรื่องที่กำลังจะเรียนรู้และมโนติใหม่ที่ผู้เรียนได้รู้จากเนื้อหา

2.2.3.5 หลักการ (Principles) คือ ข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนติใช้เป็นหลักทั่วไป หลักการจะต้องเป็นความจริงที่ใช้อ้างอิงได้ หลักการในด้านวิธีการจะเป็นสิ่งที่ชี้แนะถึงแนวทางที่จะทำการสืบเสาะ และหลักการที่เกิดจากข้อความรู้ที่ได้มาจากการศึกษาค้นคว้า

2.2.3.6 ทฤษฎี (Theory) คือ ข้อความที่คนสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการอธิบายหรือคาดคะเนปฏิสัมพันธ์ระหว่างมโนติ เหตุการณ์และข้อความรู้ ทฤษฎีใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ แต่ไม่สามารถอธิบายถึงตัวทฤษฎีเองได้ ทฤษฎีประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างหลักการและมโนติของทฤษฎีนั้น

2.2.3.7 การบันทึกข้อมูล (Records) คือ การจดบันทึกเกี่ยวกับเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของที่ได้จากการรับรู้ของประสาทสัมผัส การบันทึกอาจอยู่ในรูปแบบของการเขียนลายลักษณ์อักษร ภาพถ่าย เทปบันทึกเสียง ซึ่งอาจเป็นหลักฐานได้

2.2.3.8 การจัดกระทำข้อมูล (Transformations) คือ การนำผลการบันทึกข้อมูลมาจัดกระทำใหม่ เพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น ลักษณะของการจัดกระทำข้อมูลจะบ่งชี้ประเภทของข้อความรู้ที่ได้ การจัดกระทำข้อมูลแตกต่างจากการบันทึกข้อมูลในลักษณะที่ว่า การบันทึกข้อมูลนั้นได้มาจากการรับรู้ของประสาทสัมผัส แต่การจัดการกระทำข้อมูลข้อมูลนั้นต้องอาศัยการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลที่รับรู้หลาย ๆ อย่างที่เหมาะสม เช่น การคำนวณการจัดกระทำข้อมูล อาจจัดกระทำได้หลาย ๆ แบบ เช่น กราฟ แผนภูมิ การใช้สถิติ และการเปรียบเทียบข้อมูลในรูปตาราง เป็นต้น

2.2.3.9 ข้อความรู้ (Knowledge Claims) คือ ข้อความรู้เกิดจากกระบวนการสืบเสาะ ซึ่งกระบวนการสืบเสาะนี้จะต้องอาศัยส่วนประกอบต่าง ๆ คือ การตั้งคำถามสำคัญ มโนคติ หลักการ เหตุการณ์และวัตถุสิ่งของ การบันทึกข้อมูลและการจัดกระทำข้อมูล ซึ่งจะทำได้มาซึ่งความรู้ดังกล่าว ข้อความมี 2 อย่าง คือ

1. เป็นการตอบคำถามที่ถามไว้ก่อนดำเนินการทดลองซึ่งก็คือข้อความรู้นั้นเอง
2. เป็นเครื่องมือชี้แนะคำถามใหม่สำหรับการเริ่มต้นกระบวนการสืบเสาะใหม่ต่อไป

2.2.4 การใช้มโนคติรูปตัววีในกิจกรรมการเรียนการสอน

Novak (1980) กล่าวถึงการนำมโนคติรูปตัววีไปใช้ในการเรียนการสอนว่า มโนคติรูปตัววีสามารถนำไปใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้ ทั้งก่อนการสอน ระหว่างการสอน และใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ดังนี้

2.2.4.1 การใช้มโนคติรูปตัววีเป็นเครื่องมือในการเตรียมการสอน โดยครูผู้สอนสามารถใช้มโนคติรูปตัววีในการวิเคราะห์การปฏิบัติการทดลองที่จะนำเสนอแก่นักเรียน และใช้มโนคติรูปตัววีในการกำหนดวิธีการทดลองที่มีอยู่แล้ว เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายได้ โดยมโนคติรูปตัววีจะเป็นเครื่องมือประเมินมโนคติที่นักเรียนจะต้องมีมาก่อนที่จะดำเนินการทดลอง นอกจากนี้มโนคติรูปตัววียังใช้เป็นกลไกในการออกแบบการทดลองของแต่ละบุคคลได้ด้วย

2.2.4.2 การใช้มนตรูปตัววีเป็นเครื่องมือในการสอน มโนตรูปตัววีเป็นเครื่องมือที่ใช้อธิบายถึงการทดลองโดยการสรุปย่อ ครูผู้สอนสามารถนำมนตรูปตัววีมาใช้ก่อนการปฏิบัติการทดลอง โดยให้ผู้เรียนระบุสิ่งที่เรียนรู้มาก่อนทางด้านซ้ายมือเพราะจะเป็นสิ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนได้รู้ถึงวิธีการและลักษณะของข้อมูลที่จะต้องบันทึกพร้อมทั้งจัดกระทำข้อมูลเพื่อช่วยในการเรียนในบทเรียนนั้น ๆ ง่ายขึ้นและเป็นไปอย่างรวดเร็ว

2.2.4.3 การใช้มนตรูปตัววีเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยให้นักเรียนสร้างมนตรูปตัววี แล้วประเมินการสร้างมนตรูปตัววีจากส่วนต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของมนตรูปตัววีแล้วให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถใช้มนตรูปตัววีเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้

2.2.5 การสอนวิธีการสร้างมนตรูปตัววี

Novak และ Gowin (1985) กล่าวว่า ในการสอนให้นักเรียนสามารถสร้างมนตรูปตัววีนั้น ครูควรทำการดังนี้

1. เริ่มต้นโดยให้นักเรียนทำความเข้าใจกับความหมายและลักษณะของมนตรูปตัววี เหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของ
2. แนะนำการบันทึกข้อมูลและการตั้งคำถามนำ โดยชี้ให้เห็นว่าลักษณะของการบันทึกข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของคำถาม
3. อธิบายให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกระทำข้อมูล ซึ่งสามารถจัดกระทำได้หลาย ๆ รูปแบบวิธีการซึ่งมีลักษณะการจัดกระทำข้อมูลนั้นเป็นตัวบ่งชี้ถึงข้อความรู้ที่ได้
4. อธิบายให้นักเรียนเข้าใจความหมายของหลักการและทฤษฎี

นอกจากนี้ Novak (1980) ได้ให้ข้อเสนอแนะถึงการนำมนตรูปตัววีไปใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

1. การนำมนตรูปตัววีไปใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น ควรใช้ในกรณีที่เนื้อหาวิชาเป็นบทเรียนที่ต้องมีปฏิบัติการทดลอง ไม่ควรนำไปใช้ในบทเรียนที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม
2. ครูผู้สอนไม่ควรวิตกกังวลว่านักเรียนจะต้องเข้าใจโครงสร้างมนตรูปตัววีทั้งหมดทันที ควรจะให้นักเรียนได้เข้าใจในแต่ละส่วนของโครงสร้างมนตรูปตัววี
3. เมื่อนักเรียนเข้าใจความหมายของศัพท์ ที่เป็นองค์ประกอบของมนตรูปตัววีเป็นอย่างดีแล้วครูควรจะแนะนำให้นักเรียนสร้างมนตรูปตัววี ซึ่งอาจจะให้สร้างเฉพาะบางส่วนทดลองแล้ว

ของมโนคติปฏัตวี่ หรืออาจจะให้ผู้เรียนสร้างมโนคติปฏัตวี่ที่สมบูรณ์ทั้งหมดหลังจากปฏิบัติการ

4. เมื่อนักเรียนคุ้นเคยกับมโนคติปฏัตวี่มากขึ้น อาจจะให้ผู้เรียนเขียนด้านซ้ายมือของมโนคติปฏัตวี่มาก่อนดำเนินการทดลอง หรือให้เป็นการบ้านสำหรับผู้เรียน

5. ครูอาจจะนำมโนคติปฏัตวี่ที่สมบูรณ์แล้วติดบอร์ดไว้ให้นักเรียนดูโดยเฉพาะทฤษฎีและหลักการสำคัญ ๆ รวมทั้งมโนคติปฏัตวี่จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

2.2.6 การใช้มโนคติปฏัตวี่กับสื่อประเภทการอ่าน (Reading material)

การใช้มโนคติปฏัตวี่นั้นเหมาะสำหรับเนื้อหาวิชาที่เป็นการทดลอง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้กับสื่อประเภทการอ่านได้ เช่น รายงานผลการวิจัย หรือรายงานผลการทดลอง เป็นต้น โดยใช้คำถาม 10 ข้อ สำหรับการวิเคราะห์เพื่อสร้างมโนคติปฏัตวี่ ดังนี้

1. อะไรคือวัตถุสิ่งของและหรือเหตุการณ์ที่ใช้ในการสังเกต?
2. อะไรคือการบันทึกข้อมูลหรือการจัดกระทำข้อมูล?
3. อะไรคือคำถามสำคัญในการเรียนรู้ครั้งนี้?
4. มโนคติหรือหลักการอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง?
5. การบันทึกข้อมูลมีความหมายตรงกับวัตถุสิ่งของและหรือเหตุการณ์ที่สังเกตหรือไม่?
6. หลักการที่ระบุนั้นมีความหมายเหมาะสมหรือไม่?
7. อะไรคือทฤษฎีที่ใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับการทดลอง?
8. การเชื่อมโยงมโนคติหรือหลักการสอดคล้องกับสิ่งต่อไปนี้หรือไม่?
 - 8.1 วัตถุสิ่งของและหรือเหตุการณ์
 - 8.2 การบันทึกข้อมูล
 - 8.3 การจัดกระทำข้อมูล
 - 8.4 ข้อความรู้
9. การระบุคุณค่าของความรู้สมเหตุสมผลกับข้อความรู้ที่ได้หรือไม่?
10. คำถามสำคัญหรือการตอบคำถามสำคัญมีความหมายสอดคล้องกันหรือไม่?

2.2.7 การประเมินผลการสร้างมโนคติปฏัตวี่

Novak (1980) อธิบายวิธีการประเมินผลการสร้างมโนคติปฏัตวี่ไว้ดังนี้

1. ประเมินจากภาพรวมของการสร้างมโนคติปฏัตวี่ และความพยายามในการทำงานทั้งหมดของนักเรียน

2. ประเมินความเข้าใจของนักเรียนโดยการประเมินองค์ประกอบแต่ละส่วนของมโนטיפตัววิ พิจารณาจากการพัฒนาการของนักเรียนในการตั้งคำถาม การเลือกเหตุการณ์สำคัญในการสังเกต การบันทึกข้อมูล การจัดกระทำข้อมูล ฯลฯ ซึ่งแต่ละส่วนของมโนטיפตัววิจะมีช่องคะแนนเป็นเกณฑ์กำหนด แล้วบันทึกคะแนนที่ได้ไว้ใน "Progress Sheet" ซึ่งคะแนนในใบบอกความก้าวหน้า (Progress Sheet) จะบ่งบอกให้รู้ถึงสิ่งต่อไปนี

1. พัฒนาการสร้างมโนטיפตัววิในองค์ประกอบแต่ละส่วน
2. คะแนนรวมในการสร้างมโนטיפตัววิ

ตารางที่ 1 การประเมินลักษณะทั่วไปของการสร้างมโนטיפตัววิ

คำถามเพื่อการประเมินลักษณะทั่วไปของการสร้างมโนטיפตัววิ	ใช่	ไม่ใช่	คะแนนที่ได้
1. คำถามสำคัญเกี่ยวข้องกับ มโนคติตั้งแต่ 2 มโนคติขึ้นไปหรือไม่ ?			
2. คำถามสำคัญสามารถนำไปสู่การปฏิบัติการทดลองหรือไม่ ?			
3. นักเรียนสามารถระบุเหตุการณ์สำคัญหรือไม่ ?			
4. การระบุมโนคติตรงประเด็นที่เรียนรู้หรือไม่ ?			
5. มีการระบุหลักการและทฤษฎีถูกต้องหรือไม่ ?			
6. การบันทึกข้อมูลและการจัดกระทำข้อมูลเพียงพอหรือไม่ ?			
7. ข้อความรู้มีความชัดเจนถูกต้องและสอดคล้องกับคำถามสำคัญหรือไม่ ?			
รวม			

เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างมโนטיפตัววิ

คำถามสำคัญ (Focus Question)

0 - ไม่มีการระบุคำถามสำคัญ

1 - มีการระบุคำถามสำคัญแต่ไม่บ่งชี้ให้รู้เหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของหรือไม่บ่งชี้ด้านความคิดของมโนטיפตัววิ

2 - มีการระบุคำถามสำคัญซึ่งบ่งบอกมโนטיפตัววิที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่ชี้แนะถึงเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของ หรือระบุเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของที่ไม่สอดคล้องกับการปฏิบัติการทดลอง

3 - มีการระบุคำถามสำคัญที่ชัดเจนบ่งชี้มโนคติที่เกี่ยวข้องและเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของสำคัญที่ต้องเรียนรู้

เหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของ (Events/Objects)

0 - ไม่มีการระบุเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของ

- 1 - มีการระบุเหตุการณ์สำคัญหรือวัตถุสิ่งของอย่างใดอย่างหนึ่งสอดคล้องกับคำถามสำคัญ หรือมีการระบุเหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของแต่ไม่สอดคล้องกับคำถามสำคัญ
- 2 - มีการระบุเหตุการณ์สำคัญที่ประกอบด้วยวัตถุสิ่งของและสอดคล้องกับคำถามสำคัญ
- 3 - มีการระบุเหตุการณ์สำคัญที่ประกอบด้วยวัตถุสิ่งของและสอดคล้องกับคำถามสำคัญ แต่เหตุการณ์และหรือวัตถุสิ่งของบ่งชี้ให้รู้ว่าลักษณะข้อมูลที่จะต้องบันทึก

ทฤษฎี หลักการ และมโนคติ (Theory Principles and Concepts)

0 - ไม่มีการระบุด้านความคิด

- 1 - มีการระบุมโนคติบางส่วนแต่ไม่มีการระบุหลักการและทฤษฎีหรือมีการระบุหลักการที่ได้มาจากการปฏิบัติการทดลอง
- 2 - มีการระบุมโนคติและหลักการเพียงบางส่วน (อาจจะเป็นด้านความคิดหรือหลักการด้านวิธีการ) หรือมีการระบุมโนคติและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 3 - มีการระบุมโนคติ หลักการทั้งด้านความคิดและด้านวิธีการหรือมีการระบุมโนคติ หลักการอย่างใดอย่างหนึ่งและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 4 - มีการระบุมโนคติ หลักการทั้งด้านความคิดและด้านวิธีการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การบันทึกข้อมูลและการจัดกระทำข้อมูล (Records/Transformations)

0 - ไม่มีการบันทึกข้อมูลหรือการจัดกระทำข้อมูล

- 1 - มีการบันทึกข้อมูลแต่ไม่สอดคล้องกับคำถามสำคัญหรือเหตุการณ์สำคัญ
- 2 - มีการบันทึกข้อมูลหรือการจัดกระทำข้อมูลเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง
- 3 - มีการบันทึกข้อมูลจากเหตุการณ์สำคัญ แต่การจัดกระทำข้อมูลไม่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของคำถามสำคัญ
- 4 - มีการบันทึกข้อมูลจากเหตุการณ์สำคัญและการจัดกระทำข้อมูลสอดคล้องกับคำถามสำคัญ

ข้อความรู้ (Knowledge Claim)

0 - ไม่มีการระบุข้อความรู้

- 1 - ข้อความรู้ที่ได้ไม่เกี่ยวข้องกับด้านความคิดของมโนคติรูปตัววี

- 2 - ข้อความรู้ที่ได้ประกอบด้วยมโนคติที่ไม่ถูกต้องกับเนื้อหาหรือข้อสรุปที่ได้ไม่สอดคล้องกับการบันทึกข้อมูลและการจัดกระทำข้อมูล
- 3 - ข้อความรู้ประกอบด้วยมโนคติจากคำถามสำคัญ การบันทึกข้อมูลและการจัดกระทำข้อมูล
- 4 - ข้อความรู้ประกอบด้วยมโนคติจากคำถามสำคัญ การบันทึกข้อมูลและการจัดกระทำข้อมูล แต่ข้อความรู้ที่ได้จะชี้แนะการตั้งคำถามสำคัญใหม่

2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สิปปนนท์ เกตุทัต (2515) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ในยุคปัจจุบันนี้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะไม่เน้นเนื้อหาวิชาแต่จะเน้นความหมายรากฐานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนได้รู้จักวิธีการที่ได้มาซึ่งสูตรและการค้นพบต่าง ๆ ไม่ใช่ให้นักเรียนท่องสูตรต่าง ๆ เหมือนที่ผ่านมา ให้นักเรียนลองตั้งปัญหาและตอบปัญหาด้วยตนเองแทนที่จะครูปจจากตำราหรือครูทำการทดลอง ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

พจน์ สะเพียรชัย (2517) ได้กล่าวไว้อีกว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของคำว่าวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีกฎเกณฑ์และระเบียบวิธีการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงต้องมีการค้นคว้าทดลองเพื่อหาข้อเท็จจริงและพิสูจน์กฎเกณฑ์บางสิ่งบางอย่าง วิธีการศึกษาจึงเปรียบเสมือนเครื่องมือที่จะใช้ในการค้นคว้าให้ได้ข้อสรุปจากการทดลอง กล่าวคือวิทยาศาสตร์ไม่ใช่เป็นเพียงแหล่งสะสมความรู้แต่ยังรวมถึงวิธีการแก้ปัญหาและทำให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญาด้วย ในขณะที่ทำการทดลองผู้ทดลองมีโอกาสดูฝึกฝนทั้งในด้านปฏิบัติและพัฒนาความคิดไปด้วย พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบนี้ควรเรียกว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นิตา สะเพียรชัย และคณะ (2523) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นต้องให้ผู้เรียนได้ทั้งตัวความรู้ซึ่งเป็นผลผลิตทางวิทยาศาสตร์และได้ทั้งกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึง วิธีการทางวิทยาศาสตร์และทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปด้วยเพื่อเป็นพื้นฐานในการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ต่อไป ดังนั้นในปัจจุบันนี้ปรัชญาการจัดหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์จึงเปลี่ยนมานั้นทั้งความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

กมล หลีกภัย(2525) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการค้นคว้าทดลองเพื่อหาข้อเท็จจริง หลักการ กฎ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ

นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาหลายคนได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

สุรพงษ์ วงศ์ศิริรักษ์ (2527) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีหลายกระบวนการประกอบกันตามความเป็นจริงแล้วนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ปฏิบัติตามลำดับขั้นเหล่านี้ทั้งหมดอาจจะทำตามลำดับก่อนหลังได้

ฤทัย ศรีบุญกุล (2530) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึงกระบวนการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการสืบเสาะแสวงหาความรู้ ข้อเท็จจริง หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ นั้นเองซึ่งประกอบด้วยหลาย ๆ กระบวนการทั้งหมด หรืออาจจะกระทำกระบวนการใดก่อนหลังได้

ประภาพันต์ กิจเจริญปัญญา (2531) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึงพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบของคนที่แสดงออกเพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือใช้ในการแก้ปัญหาและเป็นกระบวนการทางปัญญาที่ต้องอาศัยความคิดในระดับต่าง ๆ มาทำการแก้ปัญหา

ประภาศรี มัคคสมัน (2531) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบและเป็นกระบวนการทางสติปัญญาที่ต้องอาศัยความคิดในระดับต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาเป็นองค์ประกอบสำคัญประการหนึ่งของการแสวงหาความรู้ใหม่ หรือการค้นคว้าที่ยังไม่รู้และใช้ในการค้นคว้าทดลองเพื่อหาข้อเท็จจริง หลักการ และกฎ หรือใช้ในการแก้ปัญหา

สุภาสินี สุทธิระ (2531) กล่าวว่าเนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยความรู้และกระบวนการหาความรู้ ฉะนั้นวิธีการหนึ่งที่จะได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือการค้นคว้าทดลองเพื่อหาข้อเท็จจริง หลักการ และกฎ ในขณะที่ทำการค้นคว้าทดลองซึ่งผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านปฏิบัติและพัฒนาความคิดไปด้วย เช่น ฝึกสังเกต บันทึกข้อมูล หาความสัมพันธ์ของตัวแปร ตั้งสมมติฐาน และทำการทดลอง ดังนั้น การสอนวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ จึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ แต่องค์ประกอบที่สำคัญมากอย่างหนึ่งได้แก่ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์จึงต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายและขอบเขตของคำว่าวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดีและครูวิทยาศาสตร์ควรตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่น้อยไปกว่าเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพราะเนื้อหาวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ส่วนกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถจะนำไปใช้ในการศึกษาหาความรู้ได้ตลอดไป นอกจากนี้ยังได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ

บัวศรี ประวะภูโต (2532) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบและเป็นกระบวนการทางปัญญาที่ต้องอาศัยความคิดระดับต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อข้อเท็จจริง หลักการ และกฎ ก่อให้เกิดความรู้ใหม่เพิ่มขึ้น

วิลล สํารณวานิช (2532) กล่าวว่า ความจำเป็นที่สำคัญอย่างยิ่งในการแสวงหาคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์โดยกระทำตามขั้นตอน ผู้เรียนต้องมีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์จนเกิดเป็นทักษะ และพบว่าครูวิทยาศาสตร์ที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ดีย่อมถ่ายทอดให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีควบคู่กับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ด้วย

นิภา ดำเนตร (2533) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบของคนและความสามารถในการเลือกใช้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกเพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้งเป็นกระบวนการทางปัญญาที่ต้องอาศัยความนึกคิดในระดับต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือค้นคว้าสิ่งที่ยังไม่รู้ให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริง หลักการ และกฎ ก่อให้เกิดความรู้ใหม่เกิดขึ้น

เดชา พลกันยัม (2535) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการฝึกปฏิบัติในห้องทดลองโดยการใช้ความคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อแก้ปัญหาเป็นกระบวนการสร้างสติปัญญาก่อให้เกิดความรู้ใหม่ขึ้นได้

ไสว พิทขาว (2536) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการแสวงหาความรู้ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบของคนและความสามารถในการเลือกใช้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกเพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้งเป็นกระบวนการทางปัญญาที่ต้องอาศัยความคิดในระดับต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือค้นคว้าสิ่งที่ยังไม่รู้ให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริง หลักการ และกฎ ก่อให้เกิดความรู้ใหม่เพิ่มขึ้น

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการทางปัญญามีความคิดในระดับต่าง ๆ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดความรู้ไม่เพิ่มขึ้นได้

2.3.1 สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for The Advancement of Science หรือ AAAS)

โดยคณะกรรมการสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา (Communication on Science Education) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในหลักสูตร Science - A Process Approach (SAPA) ไว้ 13 ทักษะ ดังนี้ (อ้างถึงใน กิ่งฟ้า สินธุวงษ์, 2525)

2.3.1.1 ทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) ประกอบด้วย

1. การสังเกต (Observing)
2. การวัด (Measuring)
3. การจัดจำแนกประเภท (Classifying)
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติและระหว่างมิติกับเวลา
(Space/Space and Space/Time relationships)
5. การใช้ตัวเลข (Using numbers)
6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organising and Communicating)
7. การลงความเห็นจากข้อมูล (Infering)
8. การทำนาย (Predicting)

2.3.1.2 ทักษะขั้นบูรณาการ (Integrated Science Process Skills) มี 5 ทักษะ ดังนี้

9. การตั้งสมมติฐาน (Formulating hypothesis)
10. การกำหนดคำนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally)
11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling Variables)
12. การทดลอง (Experimenting)
13. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and making conclusion)

2.3.2 คณะอนุกรรมการพัฒนาการเรียนการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอน วิทยาศาสตร์ได้ศึกษาและวิเคราะห์สมรรถภาพของครูวิทยาศาสตร์ โดยร่วมกันศึกษาผลงานที่ได้มีผู้ทำไว้ ตลอดจนรวบรวมประสบการณ์ต่าง ๆ จากการอบรมครูวิทยาศาสตร์ทั่วประเทศของไทยของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถภาพสำคัญที่ครูวิทยาศาสตร์ควรจะได้รับฝึกฝนโดยมีรายละเอียดของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมทั้งการใช้เครื่องมือเข้าช่วยประสาทสัมผัส เพื่อให้ได้ข้อมูลของวัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ข้อมูลจากการสังเกตมีสองประเภทคือ 1) ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของวัตถุหรือปรากฏการณ์ที่ได้รับจากการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง 2) ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดหรืออาจบอกโดยการกะประมาณเกี่ยวกับปริมาณ เช่น ขนาด มวล อุณหภูมิ เป็นต้น ข้อมูล

เชิงปริมาณจะช่วยบอกรายละเอียดชัดเจนกว่าข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลจากการสังเกตดังกล่าวจะละเอียดชัดเจนยิ่งขึ้นถ้ามีข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงรวมอยู่ด้วย ดังนั้น ในการสังเกตวัตถุใด ๆ มักจะมีการกระทำอะไรบางอย่างที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแก่วัตถุแล้วสังเกตผลจากการกระทำนั้น สิ่งที่เราควรสังเกตอย่างระมัดระวังคือลักษณะของสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและลำดับก่อนหลังของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

2. ทักษะการวัด เป็นทักษะสำคัญอย่างหนึ่งในการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับทักษะการสังเกต ทักษะการวัด หมายถึง ความสามารถในการวัดค่าต่อไปนี้ 1) การเลือกเครื่องมือที่ใช้วัดอย่างเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด 2) ใช้เครื่องมือวัด วัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว การวัดสิ่งใด ๆ จะต้องคำนึงถึงความถูกต้อง (accuracy) และความแม่นยำ (precision) ของการวัดด้วยความถูกต้องหมายถึงค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง ในการวัดจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครื่องมือวัดที่ใช้วัด ถ้าเครื่องมือมีคุณภาพต่ำค่าที่วัดได้จะห่างไกลกับค่าที่แท้จริงมาก ส่วนความแม่นยำของการวัดหมายถึงค่าที่ได้วัดในการวัดหลาย ๆ ครั้งโดยใช้เครื่องมือชุดเดียวกันซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกัน ถ้าค่าที่วัดได้แต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกันมากถือว่ามีความแม่นยำสูงถึงแม้ว่าค่าที่วัดได้จะห่างจากมาตรฐานก็ตาม โดยทั่วไปแล้วในการวัดหลาย ๆ ครั้งจะได้ค่าไม่เท่ากัน แต่จะคัดออกเป็นค่าเฉลี่ย 3) อ่านค่าที่ได้จากการวัดถูกต้องรวดเร็วและใกล้เคียงกับความจริงพร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ ตัวเลขที่อ่านและบันทึกนั้นแสดงความละเอียดมากน้อยต่างกัน

3. ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนำค่าที่ได้จากการสังเกตเชิงปริมาณการวัด การทดลอง และจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่โดยการนับ การบวก ลบ คูณหาร และหาค่าเฉลี่ยยกกำลังสอง หรือถอดราก เป็นต้น แล้วใช้ในการสื่อความหมายได้ชัดเจนหรือทำให้ข้อมูลมีความหมายในเชิงสถิติเพื่อประโยชน์ในการแปลความหมายและสรุปผลต่อไป

4. ทักษะการจำแนกประเภท การจำแนกประเภทเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการจำแนกสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกในการศึกษาและจัดจำสิ่งเหล่านั้นโดยอาศัยเกณฑ์บางอย่างในการจำแนก บางครั้งอาจมีปัญหาในการเลือกเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทโดยไม่รู้ว่าจะจัดเข้าประเภทใด ให้เกิดหลักกว้างกว่าจะใช้วิธีใด หลักเกณฑ์ใดก็ตามวิธีที่ดีที่สุดคือ ทำให้สามารถแยกประเภทและระบุชนิดของวัตถุต่าง ๆ ได้โดยเด็ดขาด

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิตกับมิติและมิติกับเวลา การเข้าใจมิตนั้นความหมายของมิติ คือ ความยาว ความกว้าง หรือความสูง (ความหนา) ของวัตถุ การศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลสมบูรณ์เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเราเป็นสิ่งสำคัญและ

จำเป็นในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ทุกแขนง ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิตินี้จะช่วยพัฒนาความสามารถในการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ดังกล่าว เพราะทักษะนี้คือ ความสามารถในการกระทำดังต่อไปนี้ 1) วาดภาพสามมิติของวัตถุธรรมดาได้ 2) ชีบ่บอกจำนวนเส้นสมมาตรของรูปสองมิติ และระนาบสมมาตรของรูปสามมิติได้ 3) บอกความสัมพันธ์ระหว่างรูปสองมิติ และรูปสามมิติได้ ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างรูปสองมิติและรูปสามมิติ ได้แก่ เมื่อหมุนรูปสองมิติรอบเส้นสมมาตรเส้นใดเส้นหนึ่ง รูปสองมิตินั้นก็จะเป็กรูปสามมิติบางรูปได้ เช่น รูปสามเหลี่ยมเกิดรูปกรวย รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเกิดรูปทรงกระบอก เมื่อมองมุมใดมุมหนึ่งของรูปสามมิติจะเห็นรูปสองมิติได้เช่นรูปทรงกระบอกจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมและวงกลม ความสัมพันธ์ของรูปสามมิติและรูปสองมิติเกี่ยวกับเงา เช่น ถ้าถ่านไฟฉายไปที่ทรงกระบอกจะเกิดรูปเงาสี่เหลี่ยมหรือวงกลม และเมื่อตัดรูปสามมิติจะเกิดพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสองมิติ เช่น เมื่อตัดทะแยงรูปทรงกระบอกจะเกิดพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรี 4) บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงาว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้อย่างไร 5) บอกความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่งได้ 6) บอกความสัมพันธ์ระหว่างมิตีกับเวลาได้ หมายถึงบอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

6. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วยข้อมูลที่ได้นี้อาจได้มาจากการสังเกตการวัดหรือการทดลอง การลงความคิดเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกันอาจแตกต่างกันได้เพราะมีประสบการณ์ต่างกัน ดังนั้นเมื่อนักวิทยาศาสตร์พบวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ มักจะลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่มีอาจเป็นไปได้หลาย ๆ อย่าง ต่อจากนั้นจะมีการตรวจสอบว่าการลงความคิดเห็นข้อใดมีเหตุผลสนับสนุนอย่างเพียงพอ

7. ทักษะการสื่อความหมายเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง และหรือจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมาย หรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นจนง่ายต่อการแปลความหมายในขั้นต่อไปในทางวิทยาศาสตร์อาจทำได้หลายรูปแบบดังนี้ 1) คำพูด หมายถึงข้อความที่รัดกุมชัดเจนที่แสดงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันในแต่ละเหตุผล 2) สัญลักษณ์ หมายถึง ตัวอักษรหรือเครื่องหมายที่ตกลงกันไว้เพื่อแทนข้อความบางอย่าง ทั้งนี้เพื่อให้รัดกุม สะดวกและง่ายต่อการเข้าใจยิ่งขึ้น 3) สมการทางวิทยาศาสตร์ในบางครั้งการสื่อความหมายโดยใช้คำพูดยังไม่รัดกุมและไม่ง่ายต่อความเข้าใจ แต่ถ้าสมการแสดงความสัมพันธ์ทางวิทยาศาสตร์จะง่ายต่อความเข้าใจ 4) โดอะแกรม เป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในแผนภาพ โดยปกติแล้วโดอะแกรมมักจะแสดงให้เห็นเฉพาะส่วนที่เป็นหลักการหรือส่วนสำคัญเท่านั้น โดยจะเว้นส่วนที่เป็นรายละเอียดปลีกย่อยทั้งหลายไว้ ดังนั้นโดอะแกรมจึงเป็นแผนภาพที่ง่ายไม่ซับซ้อน แต่ยังแสดงให้เห็นส่วนสำคัญของเรื่องนั้น ๆ อยู่ ซึ่งก็

คือแผนภูมิรูปภาพนั่นเอง 5) แผนที่ คือแผนภาพที่แสดงอาณาเขตหรือบริเวณพื้นที่เอาไว้ เพื่อแสดงให้เห็นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของส่วนต่าง ๆ ของข้อมูลบริเวณพื้นที่นั้น 6) รูปภาพ คือ ภาพที่เกิดจากการวาดหรือถ่ายจากของจริงเพื่อแสดงให้เห็นข้อมูลต่าง ๆ 7) แผนภูมิ คือ แผนภาพเป็นกราฟรูปกราฟแท่ง หรือ รูปภาพซึ่งเป็นการนำเสนอข้อมูลอีกแบบหนึ่ง 8) ตาราง เป็นการนำเสนอข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจหรือทดลอง แต่เพื่อสะดวกในการดูและง่ายต่อการแปลความหมายของข้อมูลจึงได้จัดเป็นตารางขึ้นเพื่อสะดวกและง่ายในการดูข้อมูล 9) กราฟเป็นการนำเสนอข้อมูลโดยการนำข้อมูลมาเขียนลงในกระดาษกราฟเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ จะเห็นได้ว่าการสื่อความหมายข้อมูลทำได้หลายแบบ ซึ่งจะเลือกรูปแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล วัตถุประสงค์ของงานที่จะศึกษา เพื่อสะดวกและง่ายต่อการแปลความหมายและสรุปข้อมูลในขั้นต่อไป

8. ทักษะการทำนาย คือการคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยประสบการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้น ๆ มาช่วย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตของข้อมูล (Interpolation) และภายนอกขอบเขตของข้อมูล (Extrapolation) ซึ่งจะทดสอบผลการทำนายได้โดยการสังเกตซ้ำอีกครั้งหนึ่ง เพราะการทำนายเป็นการคาดคะเน ผลการสังเกตได้โดยนัยเอง การทำนายมีพื้นฐานอยู่บนความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้ ดังนั้นการทำนายจะเที่ยงตรงแม่นยำได้ก็ต่อเมื่อมีการสังเกตได้อย่างละเอียดรอบคอบและระมัดระวัง

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน สมมติฐานคือ ข้อความที่เป็นไปได้ที่ตั้งขึ้นโดยยังไม่มีการทดสอบรองรับ แต่ข้อความที่เป็นไปได้ชั่วคราวนี้จะใช้อธิบายปัญหาที่พบได้หรือจะใช้บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงทั้งหลายที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ เนื่องจากสมมติฐานยังไม่ได้มีการทดสอบยืนยันว่าจริงหรือไม่ สมมติฐานจึงอาจจะผิดทั้งหมด ถูกทั้งหมด หรือผิดบางส่วน ถูกบางส่วน เมื่อตั้งสมมติฐานแล้วก็จะต้องมีการทดลองเพื่อหาข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น ๆ ถ้าข้อมูลได้ผลตรงข้ามกับสมมติฐาน สมมติฐานนั้นก็ถูกยกเลิกไป หากข้อมูลสนับสนุนเพียงบางส่วน สมมติฐานก็จะถูกแก้ไขปรับปรุงแล้วนำไปทดสอบโดยการทดลองในครั้งต่อไป สมมติฐานที่ได้รับการทดสอบยืนยันว่าเป็นความจริงแล้วนั้นอาจจะกลายเป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎี ก็ได้แต่กรณี สมมติฐานที่ดีนั้นควรมีขอบเขตกว้างขวาง ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

10. ทักษะการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ คำนิยามเชิงปฏิบัติการเป็นการให้ความหมายของคำศัพท์เฉพาะโดยใช้ภาษาง่าย ๆ ชัดเจนไม่กำกวม ในการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการมีสาระสำคัญสองประการคือ 1) ระบุสิ่งที่สังเกต 2) ระบบการกระทำซึ่งอาจได้จากการวัด การทดสอบ หรือการทดลอง สิ่งที่ต้องคำนึงในการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ การใช้ภาษาต้องให้ชัดเจน ไม่กำกวม อธิบายถึงสิ่งที่สังเกตได้โดยระบุการกระทำไว้ด้วย และอาจมีคำนิยาม

เชิงปฏิบัติการมากกว่าหนึ่งนิยามก็ได้ คำนิยามหนึ่งอาจเหมาะสมกว่าอีกนิยามหนึ่งก็ได้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ สิ่งแวดล้อม และเนื้อหาในบทเรียนนั้น

11. ทักษะการควบคุมตัวแปร ในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ถ้าสามารถระบุปัญหาได้ว่าเป็นอะไรจะสามารถทำให้ตั้งสมมติฐานที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหาได้ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ อีกหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อการทดลอง ทำให้ผลการทดลองเปลี่ยนไป ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้เรียกว่าตัวแปร ซึ่งตัวแปรนั้นแบ่งออกได้เป็นสามชนิดคือ 1) ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องศึกษา บางครั้งเรียกว่าตัวแปรต้น เป็นตัวแปรที่ต้องทดลองดูว่าจะส่งผลให้เกิดเหตุการณ์นั้นจริงหรือไม่ 2) ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ตัวแปรที่ขึ้นกับตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระนั่นเอง ซึ่งเมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไป ตัวแปรตามก็จะเปลี่ยนไปด้วย 3) ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) คือ ตัวแปรด้านอื่น ๆ ที่เราไม่สนใจที่จะศึกษาที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน ทั้งนี้เพราะต้องการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต้นชนิดเดียวเท่านั้น การควบคุมตัวแปรหมายถึง การควบคุมตัวแปรด้านอื่น ๆ ที่ยังไม่ต้องการศึกษาให้คงที่เพื่อไม่ได้ตัวแปรต้นเหล่านี้มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม

12. ทักษะการทดลอง การทดลองเป็นกระบวนการที่รวมเอากระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ กระบวนการออกแบบการทดลอง การเลือกวัสดุอุปกรณ์ และการดำเนินการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้นว่าเป็นจริงหรือไม่ ก่อนการทดลองนั้นต้องมีปัญหาก่อน จากปัญหานี้จะทำให้เราแยกประเภทตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องว่ามีอะไรบ้างแล้วจึงเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องนี้มาตั้งสมมติฐานต่อมาจึงถึงขั้นออกแบบการทดลองเพื่อควบคุมตัวแปร เลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมแล้วดำเนินการทดลองต่อไป

13. ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและสรุปผล ทักษะการแปลความหมายข้อมูลคือ ความสามารถในการที่จะบอกความหมายของข้อมูลซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือ รูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติ ด้วยทักษะการแปลความหมายของข้อมูลนั้นจะนำไปสู่การทำนาย การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมติฐาน ส่วนการสรุปผลนั้นเป็นการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสรุปให้เห็นถึงความสัมพันธ์ภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยภายในประเทศ

กมล หลีกภัย (2525) ทำการวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา

ภาณี โอภิธาภรณ์ (2527) ทำการวิจัยเพื่อพัฒนา การเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ และความคงทน ด้านทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้หลักการ เรียนรู้เพื่อรอบรู้ กับไม่ใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพัทลุง จำนวน 60 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มอย่างง่าย แบ่งเข้ากลุ่ม 30 คน ได้รับการ สอนโดยใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้ และกลุ่มควบคุม 30 คน ได้รับการสอนโดยไม่ใช้หลักการเรียน เพื่อรอบรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐาน แบบทดสอบย่อย และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้มีผลสัมฤทธิ์ และความคงทนด้านทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยไม่ใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้

สุรพงษ์ วงศ์ศิริรักษ์ (2527) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดเลย รวทั้งสิ้น 240 คน ซึ่งเป็นนักเรียนมัธยม ศึกษา ที่เลือกจากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดเล็ก กลุ่มละ 80 คน เครื่องมือที่ ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และแบบวัดทัศนคติ เชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาที่ 3 ของจังหวัดเลย มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง

เสงี่ยม วิไลนุวัฒน์ (2527) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการ ศึกษา 2526 โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 456 คน เลือกกลุ่ม ตัวอย่างโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกกับผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศักดิ์สิน สมอุ่มจารย์ (2529) ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องกลไกการสังเคราะห์แสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการสอนตามหลักการ ของ Ausubel กับการสอนตามแนวหลักสูตรปัจจุบัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2527 โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย สุ่มแบบแบ่งกลุ่มมา 2 ห้องเรียน กลุ่มละ 40 คน กลุ่มทดลองได้รับการสอนตามหลักการของ

Ausubel โดยใช้แผนผังมโนคติ และบทสรุปล่วงหน้า (Advance Organizer) เป็นสิ่งช่วยจัดมโนคติล่วงหน้าในขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามแนวหลักสูตรปัจจุบัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการสอนและบทเรียนเรื่องกลไกการสังเคราะห์แสง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐาน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามหลักสูตรของAusubel มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวหลักสูตรปัจจุบัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อุทัย บุญมาดี (2529) ทำการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง และตามคู่มือครู สสวท. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-ภาษาอังกฤษ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2539 โรงเรียนราชินีบูรณะ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม จำนวน 90 คน สุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มอย่างง่าย แบ่งเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนตามชุดการเรียนรู้ด้วยตัวเองมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยการสอนตามคู่มือครู สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่ได้รับการสอนตามชุดการเรียนรู้ด้วยตัวเองสูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยการสอนตามคู่มือครู สสวท. อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อุทัย ศรีบุญกุล (2530) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดอุบลราชธานี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2528 สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จังหวัดอุบลราชธานีเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น ได้จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 1,146 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบมาตรฐานวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 306) และแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนมัธยมทุกขนาด มีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พิทักษ์ เจริญวานิช (2530) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการสอนโดยใช้แผนผังมโนคติกับการสอนตามปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2530 โรงเรียนหนองสองห้องวิทยา สุ่มแบบเจาะจง ได้กลุ่ม

ตัวอย่างสองห้องที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนวิชาชีววิทยาภาคเรียนที่ 1 เท่าเทียมกัน จากนั้นสุ่มห้องเรียนเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้แผนมโนคติ กลุ่มควบคุมได้รับการสอนปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการสอนโดยใช้แผนผังมโนคติ แผนผังมโนคติ แสดงความรู้พื้นฐาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานก่อนเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนผังมโนคติ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

ประภาพันต์ กิจเจริญปัญญา (2531) ทำการวิจัยศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้วิธีสอนเพื่อรอบรู้และการสอนตามปกติ ในกลุ่มวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่องความดันและสารเคมี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 5 โรงเรียนวิศิษฐ์อำนวยศิลป์ อำเภอบึงกาฬ จังหวัดหนองคาย ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2531 สุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ได้กลุ่มตัวอย่าง 2 ห้องเรียน กลุ่มละ 28 คน และ 27 คน แล้วจับสลากแบ่งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองสอนโดยวิธีสอนเพื่อรอบรู้ บทเรียนโปรแกรมบทเรียนโมดูล บทปฏิบัติการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีการเรียนเพื่อรอบรู้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประภาศรี มัคคสมัน (2531) ได้ทำการวิจัยศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้วิธีการสอนเพื่อรอบรู้ และการสอนตามปกติในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเรื่องสสารและความร้อน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 5 โรงเรียนบ้านหนองห้าง อำเภออุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2531 สุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ได้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม กลุ่มละ 28 คน และ 27 คน แล้วจับสลากแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองสอนโดยวิธีสอนเพื่อรอบรู้ และกลุ่มควบคุมสอนตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ การสอนโดยวิธีสอนเพื่อรอบรู้ บทเรียนโปรแกรม บทเรียนโมดูล บทปฏิบัติการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนเพื่อรอบรู้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มานพ สกตศิลปศิริ (2534) ได้ทำการวิจัย ผลของการใช้สิ่งช่วยจัดมโนคติแบบต่าง ๆ ก่อนเสนอเทพไทโรทัศน์ที่มีผลต่อการเรียนรู้และความคงทนในการจำวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2533 โรงเรียนน้ำพองศึกษา ขอนแก่น จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 150 คน โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) โดยการทดลองแบบ The Pretest - Posttest Equivalent Group Design โดยให้กลุ่มควบคุมศึกษาเนื้อหาจากเทปโทรทัศน์เพื่อการเรียนการสอนเพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้รับสิ่งช่วยมโนคิดก่อนการเสนอเทปโทรทัศน์ ส่วนกลุ่มทดลองจะได้รับสิ่งช่วยจัดมโนคิดต่างแบบกันก่อนการเสนอเทปโทรทัศน์ คือ กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับแบบเรื่องย่อ กลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับแบบโครงเรื่อง และ กลุ่มทดลองที่ 3 ได้รับแบบคำถามเชิงอรรถ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับสิ่งช่วยจัดมโนคิดแบบเรื่องย่อและแบบคำถามเชิงอรรถมีผลการเรียนรู้และความคงทนในการจำสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับสิ่งช่วยจัดมโนคิดแบบโครงเรื่องก่อนเสนอเทปโทรทัศน์ ส่วนกลุ่มทดลองที่ได้รับสิ่งช่วยจัดมโนคิดแบบโครงเรื่องก่อนเสนอเทปโทรทัศน์ ส่วนกลุ่มทดลองที่ได้รับสิ่งช่วยจัดมโนคิดแบบคำถามเชิงอรรถก่อนการเสนอเทปโทรทัศน์ มีผลการเรียนรู้และความคงทนในการจำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บัวศรี ประวะภูโค (2532) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่องการหายใจและการสืบพันธุ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการสอนโดยใช้มโนคิดรูปตัววีกับการสอนตามปกติ และหาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยากับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 45 คน และกลุ่มควบคุม 45 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างง่าย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบัวหลวงวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ รูปแบบการวิจัยเป็นแบบ Pretest - Posttest Control Group Design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการสอนโดยใช้มโนคิดรูปตัววี แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐาน และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนโดยใช้มโนคิดรูปตัววีมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ไม่ปรากฏความสัมพันธ์นี้ในกลุ่มควบคุม

นิภา คำเนตร (2533) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์วิชาเคมีเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการสอนโดยแผนผังมโนคิดและมโนคิดรูปตัววีกับการสอนตามปกติ

โดยมีกลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 68 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 34 คน และกลุ่มควบคุม 34 คน ซึ่งใช้วิธีการสุ่มอย่างเจาะจง จากนั้นก็สุ่มอย่างง่ายจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาอำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น รูปแบบการวิจัยเป็นแบบ Pretest - Posttest Control Group Design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการสอนโดยใช้แผนผังมโนคติและมโนคติรูปตัววี แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

- 1) นักเรียนในกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
- 2) นักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ศุภนิษฐ์ สอนตระกูล (2534) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการเรียนการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์สำหรับวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการเรียนการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์สำหรับวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคงทนของการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ระบบการเรียนการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า ระบบการเรียนการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์สำหรับวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยมีองค์ประกอบดังนี้ 1) ตัวป้อน ซึ่งประกอบด้วยจุดประสงค์การเรียนการสอน เนื้อหา นักเรียน สื่อการเรียนการสอน 2) กระบวนการ ประกอบด้วย การดำเนินการเรียนการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์และประเมินผลการเรียนการสอน การจัดการกรอบมโนทัศน์เป็นกิจกรรมที่นักเรียนดำเนินการขณะเรียน การทดลองและใช้ในการสรุปบทเรียน กรอบมโนทัศน์มีลักษณะเป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันอย่างมีลำดับขั้น โดยมโนทัศน์ที่มีความกว้างอยู่ด้านบน มโนทัศน์มีความกว้างรองลงมาอยู่ถัดมาตามลำดับ และมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจงอยู่ด้านล่าง 3) ผลการเรียนรู้ประกอบด้วยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคงทนของการเรียนรู้ของนักเรียน การทดลองใช้ระบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 ของโรงเรียนวัดบวรเมศ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2533 ผลปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มนักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนของการเรียนรู้

ประจักษ์ วิเชียรศรี (2535) ได้วิจัยเพื่อศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ศึกษาระดับมหาวิทยาลัย โดยใช้กลุ่มตัวอย่างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ทำการวิจัยปี พ.ศ. 2521-2534

ศึกษาจากห้องสมุดมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร สำนักงานศึกษาธิการ เขต การศึกษาที่ 10-11 มีงานวิจัยที่ผ่านการประเมินคุณภาพ 135 เล่ม จาก 138 เล่ม โดยงานวิจัยต้องผ่าน อันดับคะแนน B ผลการศึกษาวิจัยพบว่า 1) การเปรียบเทียบผลการใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ตาม หลักของ Ausubel กับการสอนตามปกติ พบว่า การสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักของ Ausubel ทำให้ ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการสอนตามปกติ 2) เปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ ด้วยบทเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ พบว่า การสอนวิทยาศาสตร์ด้วยบทเรียน โปรแกรมทำให้ ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการสอนตามปกติ 3) ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ เหตุผลเชิงจริยธรรมกับเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกต่อกันและกัน 4) ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์มีความ สัมพันธ์ต่อกันและกันในเชิงบวก

เดชา พลกันยัม (2535) ศึกษาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการ ศึกษา 2533 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดเพชรบูรณ์ สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวง ศึกษาธิการ รวมทั้งสิ้น 12 โรงเรียน จำนวน 480 คน พบว่าความสามารถด้านทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดเพชรบูรณ์มีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01 และยังพบว่าความสามารถทางด้านทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก มีค่า 0.743 ส่วนความ สัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์มีค่า 0.371 ความ สัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ มีค่า 0.298 ตามลำดับ

ไสว พิกขาว (2536) ได้พัฒนาระบบการเรียนการสอนเพื่อการเรียนรู้อย่างมีความหมาย วิชาเคมี และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ระหว่าง นักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้ระบบการเรียนการสอนเพื่อการเรียนรู้อย่างมีความหมายในวิชา เคมี กับนักเรียนที่รับการสอนตามปกติ ได้ใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 โรงเรียนประชาราชบุรีอุปลักษ์ ปี 2536 ผลปรากฏว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนทางเคมีและมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

2.4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Gurley (1982) ทำการวิจัยเปรียบเทียบการสอนระหว่างการใช้มนโมติรูปตัววีและ ผังมนโมติกับการสอนแบบมีเงื่อนไข โดยใช้คำถามจากตำราเรียนและคู่มือปฏิบัติการ กลุ่ม

ตัวอย่างเป็นนักเรียนสาขาวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก 2 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความเข้าใจในบทปฏิบัติการ แบบสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าลักษณะของการตอบคำถามของกลุ่มทดลองจะดีกว่ากลุ่มควบคุม เจตคติต่อวิชาชีววิทยาของนักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน กล่าวคือ กลุ่มทดลองจะมีความเข้าใจเกี่ยวกับวิชาชีววิทยาเป็นอย่างดี โดยนักเรียนมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับวิธีการระหว่างความคิดกับการกระทำ และสามารถเชื่อมโยงกิจกรรมการทดลองเข้ากับเนื้อหาวิชาในตำราเรียนได้อย่างเข้าใจ แต่จากการสัมภาษณ์รายบุคคลพบว่า การสอนโดยใช้แผนผังโนมดิกับมโนมดิรูปตัววีเป็นเรื่องยากสำหรับผู้เรียน ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่าการสอนโดยใช้มโนมดิรูปตัววีและแผนผังโนมดิควรใช้ระยะเวลาพอสมควรจึงทำให้ได้ผลที่น่าเชื่อถือได้

Novak, Gowin และ Johansen (1983) ทำการวิจัยโดยใช้แผนผังโนมดิและมโนมดิรูปตัววี กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแผนผังโนมดิและมโนมดิรูปตัววี ผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ เกรด 7 และ เกรด 8 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการสอนโดยใช้แผนผังมโนมดิและมโนมดิรูปตัววี แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนเกรด 7 และเกรด 8 มีความสามารถในการสร้างมโนมดิรูปตัววีและผังมโนมดิได้แต่ยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ และพบว่านักเรียนเกรด 7 มีความสามารถในการสร้างมโนมดิรูปตัววีสูงกว่านักเรียนเกรด 8 ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะระยะเวลาที่ใช้แตกต่างกันธรรมชาติของเนื้อหาวิชาที่ใช้ในการเรียนการสอนแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้แผนผังโนมดิและมโนมดิรูปตัววีมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม

Sherris และ Kahle (1984) ทำการศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการสอนและกลไกการปรับตัวที่มีต่อการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ของนักเรียนแผนการเรียนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ อย่างมีความหมาย และศึกษาอิทธิพลของกลไกควบคุมการปรับตัวที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ อย่างมีความหมาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 และเกรด 10 แผนการเรียนวิชาชีววิทยา จากโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในอินเดียมา จำนวน 541 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความคงทนในการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดกลไกควบคุมการปรับตัว กลุ่มทดลอง ได้รับการสอนโดยเน้นให้เห็นมโนมดิ

สำคัญก่อนเรียนและใช้แผนผังมโนคติ กลุ่มควบคุม สอนโดยการสอนตามปกติ ผลวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการสอนแตกต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่านักเรียนที่มีกลไกควบคุมการปรับตัวจากภายในมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนของการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่มีกลไกควบคุมการปรับตัวจากภายนอก

Lehman, Cater และ Kahle (1985) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนผิวดำระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ระหว่างการสอนโดยใช้แผนผังมโนคติและมโนติรูปตัววีกับการสอนปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในอินเดียนา จำนวน 250 คน เป็นนักเรียนผิวดำ 97% ลาติน 2% และอื่น ๆ 1% โดยไม่มีผิขาว เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนในพฤติกรรมระดับความรู้ความเข้าใจ และการนำไปใช้ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ คณะผู้วิจัยได้เสนอแนะไว้ว่าเป็นเพราะสิ่งต่อไปนี้ 1) รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง ทำให้เกิดความไม่เท่าเทียมกัน 2) ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสั้น 3) นักเรียนไม่คุ้นและครูก็ไม่คุ้นกับเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนยากเกินไป

Joseph (1985) ทำการวิจัยการประยุกต์ใช้แผนผังมโนคติ มโนติรูปตัววี และการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคลในการปรับหลักสูตรการค้าทางทะเลและการจัดระบบข้อมูลย้อนกลับมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการนำทฤษฎีการศึกษาเป็นพื้นฐานในการจัดการศึกษากลุ่มตัวอย่างเป็นกัปตันเรือจำนวน 38 คน โดยใช้แผนผังมโนคติและมโนติรูปตัววีในการระบุโมติและความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างจากการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคลนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้เป็นเครื่องมือในการอธิบายข้อมูลได้อย่างแจ่มชัด และสามารถนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในการออกแบบและประเมินการปรับปรุงหลักสูตรการศึกษาได้

Tylor (1985) ทำการวิจัยเปลี่ยนแปลงประสบการณ์ที่มีความหมาย โดยการฝึกผู้เรียนในการสร้างแผนผังมโนคติ มโนติรูปตัววี และหลักการจัดการศึกษาในวิชาปฏิบัติการชีววิทยา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้แผนผังมโนคติ มโนติรูปตัววี และเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อการเรียนรู้ของมีความหมาย กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือ นักเรียนที่เรียนวิชาปฏิบัติการชีววิทยา มหาวิทยาลัยคอร์เนล แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้แผนผังมโนคติ มโนติรูปตัววี และเทคนิคการใช้คำถาม ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบฟอร์มการประเมินการสร้างแผนผังมโนคติ มโนติรูปตัววี แบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า การใช้แผนผังมโนคติ มโนติรูปตัววี เทคนิคการ

ใช้คำถาม และหลักการเรียนเพื่อการเรียนรู้ ทำให้เกิดประสบการณ์เรียนรู้ที่มีความหมาย กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถบูรณาการความคิด เจตคติ และการกระทำ ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงความหมายของประสบการณ์

Cibum (1985) ทำการวิจัยการสอนตามแนวคิดของ Ausubel โดยการใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นสื่อช่วยจัดมโนทัศน์ (Advance Organizer) กับนักศึกษาสาขาวิชากายวิภาคและสรีรวิทยา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีสอนระหว่างการสอนตามทฤษฎีของ Ausubel กับการสอนแบบบรรยายกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือนักศึกษาที่เรียนวิชากายวิภาคและสรีรวิทยา มหาวิทยาลัยมิดเดิลเซกซ์ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง ได้รับการสอนตามทฤษฎีของ Ausubel โดยการใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นสื่อช่วยจัดมโนทัศน์ (Advance Organizer) และกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบการวัดผลการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า การใช้แผนผังมโนทัศน์ในการวางแผนการสอน เป็นสื่อช่วยจัดมโนทัศน์ (Advance Organizer) จะช่วยส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย มีความคงทนในการเรียนรู้

Bar - Larie (1987) ทำการศึกษาการส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมาย โปรแกรมสิ่งแวดล้อมศึกษา การศึกษาเฉพาะกรณีศึกษาโดยใช้หลักการเรียนเพื่อการเรียนรู้ของ Novak และ Gowin แผนผังมโนทัศน์ การสัมภาษณ์ และการจัดการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการนำเอาหลักสูตรการเรียนเพื่อการเรียนรู้ เทคนิคการสร้างแผนผังมโนทัศน์ และการสัมภาษณ์ กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือ นักเรียนเกรด 11 แผนการเรียน Eilat - Eco - Field - Shop (EFS) ผลการวิจัยพบว่า การสอนตามแนวความคิดของ Novak และ Gowin เทคนิคการสร้างแผนผังมโนทัศน์ และการสัมภาษณ์ เป็นวิธีการที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายเพิ่มขึ้น

Germann (1989) ได้ศึกษาผลที่เกิดจากการสอนโดยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยตรงและตามความเหมาะสมของการสอน โดยตรงกับการเรียนรู้ทักษะ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเขามีความเชื่อว่าโปรแกรมการสอนที่เรียกว่า DIAL (SPS) 2 [Directed Inquiry Approach to Learning Science Process Skill and Scientific Problem Solving] ที่เขาพัฒนาขึ้นจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ในโปรแกรมการสอนนี้ได้รวมเอายุทธศาสตร์การสอนไว้หลายอย่าง กล่าวคือ สื่อช่วยจัดมโนทัศน์ล่วงหน้า วัฏจักรการเรียนรู้ แผนผังแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์อย่างมีลำดับขั้น และมโนทัศน์รูปตัววี โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาค้นคว้า 2 ข้อ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาว่าโปรแกรมการสอน DIAL (SPS) 2 จะทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนสูงขึ้นกว่าวิธีการสอนแบบเดิมหรือไม่? 2) เพื่อศึกษาว่าโปรแกรมการสอน DIAL (SPS) 2 มีความเหมาะสม

ที่จะนำมาใช้สอนหรือไม่? กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือนักเรียนที่เรียนชีววิทยาจำนวน 4 ห้อง โดยกลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้โปรแกรม DIAL (SPS) 2 ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติ โดยที่ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้รับการทดสอบก่อนเรียนเหมือนกัน พบว่านักเรียนในกลุ่มทดลองมีความสามารถเฉลี่ยเท่ากัน ส่วนกลุ่มควบคุมมีความสามารถเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มทดลอง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงว่าโปรแกรมการสอน DIAL (SPS) 2 สามารถช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองได้ และยังคงพบว่าโปรแกรมนี้เหมาะสมที่จะใช้สอนเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจได้

จากผลการวิจัยทั้งหลายที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้ของผู้เรียนจะต้องรู้ทั้งในส่วนที่เป็นเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้มีการวิจัยเพื่อพิจารณาวิธีการสอนหลาย ๆ วิธีที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเห็นว่าการนำเอาโมเดลรูปตัววีมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จะเป็นวิธีหนึ่งที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งสองส่วนคือ ทั้งเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายได้ดังเช่น งานวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้ว แม้ว่าในงานวิจัยบางชิ้นบางอันผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนรู้โดยใช้โมเดลรูปตัววีจะไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยวิธีการสอนตามปกติ หรือน้อยกว่าก็ตาม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหลากหลายสาเหตุ เช่น ปัจจัยด้านเวลา ความยากของข้อสอบ เป็นต้น แต่ก็พบว่าในด้านกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจะดีขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นส่วนของเนื้อหาของวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น จึงใช้โมเดลรูปตัววีที่มีองค์ประกอบที่จำเป็นที่จะช่วยให้เข้าใจธรรมชาติของความรู้และวิธีการทำให้เกิดความรู้ ในรูปที่ 6 รวมทั้งการใช้คำถาม 5 ข้อของ Gowin (Gowin's original Five question) นั้นจากข้อ 1-4 และใช้คำถาม 10 ข้อในการสร้างโมเดล

รูปตัววีสำหรับสื่อประเภทการอ่านโดยใช้ข้อ 1-10 เว้นข้อ 9 จากผลการวิจัยของ Gurly (1982) ได้เสนอแนะว่า การสอนโดยใช้โมเดลรูปตัววีนั้นต้องใช้เวลานานพอสมควรจึงจะทำให้ได้ผลน่าเชื่อถือได้ ผู้วิจัยเห็นว่าบทเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องการขนส่งและการสื่อสารเป็นเนื้อหาที่สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อสร้างเป็นโมเดลรูปตัววีในจำนวนที่เพียงพอกับเวลาในการรวบรวมข้อมูลและเหมาะสม ผลจากการวิจัยบ่งชี้ว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้โมเดลรูปตัววีจะมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับวิธีการ ระหว่างความคิดกับการกระทำ และสามารถเชื่อมโยงกิจกรรมทดลองเข้ากับเนื้อหาวิชาได้อย่างเข้าใจ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการ

การแก้ปัญหาและบูรณาการระหว่างความคิดกับการกระทำเข้าด้วยกันได้อย่างกลมกลืน ซึ่งรวมทั้ง ผลการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะตามแนวทางของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ดังนั้นในการวิจัย ครั้งนี้ หากความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องการขนส่งและการ สื่อสาร กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง เพื่อส่งเสริมและพัฒนาการเรียน การสอนวิชาวิทยาศาสตร์