

## บทที่ 2

### วรรณคดี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อเป็นพื้นฐานในการวิจัยเรื่องมโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำเสนอตามลำดับดังนี้

#### 1. มโนทัศน์

- 1.1 ความหมายของมโนทัศน์
- 1.2 ประเภทของมโนทัศน์
- 1.3 ลำดับขั้นในการสร้างมโนทัศน์
- 1.4 การสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์

#### 2. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

- 2.1 ความหมายของวิทยาศาสตร์
- 2.2 ความหมายของเทคโนโลยี
- 2.3 ความหมายของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 2.4 มโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 2.5 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับความต้องการพื้นฐาน

#### 3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 3.1 งานวิจัยในต่างประเทศ
- 3.2 งานวิจัยในประเทศ

#### มโนทัศน์

#### ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์ แปลมาจากคำว่า concept ในภาษาอังกฤษ ซึ่งมีผู้ให้คำแปลเป็นภาษาไทย

ไว้หลายคำ เช่น มโนภาพ มโนคติ มโนมติ สิ่งกัป และความคิดรวบยอด สำหรับความหมายของคำว่า มโนทัศน์นั้นมี ดังนี้

คาร์เตอร์ วี กูด (Good 1973 : 124) ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 3 ประการ คือ

1. ความคิด หรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบ หรือลักษณะร่วมที่สามารถแยกออกเป็นกลุ่ม เป็นพวกได้
2. สัญลักษณ์เชิงความคิดทั่วไปหรือเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสถานการณ์ กิจกรรม หรือวัตถุ
3. ความคิดเห็น ความคิด ความเห็น หรือภาพความคิด

จอห์น พี เดอ เซคโค (De Cecco 1968 : 288) ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง กลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะสามัญร่วมกัน สิ่งเร้านี้อาจจะเป็น วัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคล เราจะเรียกสิ่งเร้านี้โดยชื่อ เช่น หนังสือ สงคราม สาวสวย ซึ่งสิ่งเร้านี้จัดเป็นกลุ่มของสิ่งเร้า สิ่งเร้าบางอย่างไม่เป็นมโนทัศน์ เพราะไม่ใช่กลุ่มของสิ่งเร้า เช่น หนังสือสงคราม และสันติภาพ สงครามเวียดนาม อลิซซาเบท เทเลอร์

ฟริเดอริก เจ แมคโดนัลด์ (McDonald อ้างใน ปราณีต รามสูต 2528 : 136) ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ดังนี้

มโนทัศน์ คือ การจำแนกประเภท กลุ่มของสิ่งเร้าซึ่งมีลักษณะร่วมกัน มโนทัศน์ไม่ใช่ตัวของสิ่งเร้าเองและไม่ใช่ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งเร้า นั้น แต่เป็นการจัดประเภทของสิ่งเร้าต่าง ๆ เหตุการณ์ต่าง ๆ หรือลักษณะต่าง ๆ ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ แล้วนำมาแยกแยะ และสรุปรวบยอด

เจมส์ เอ แบงส์ (Banks 1973 : 77) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า "มโนทัศน์ หมายถึง คำหรือวลีที่เป็นนามธรรม ซึ่งใช้ประโยชน์สำหรับการจำแนก หรือจัดหมวดหมู่ของสิ่งของความคิดหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ"

สุวัฏก์ นิยมคำ (2517 : 17) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า "มโนทัศน์ของสิ่งใดก็คือ main idea ที่เรามีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเรา ต่อสิ่งเรา เป็นจุดสำคัญของสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นนั่นเอง"

จรรยา คุณมี (2520 : 138-139) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า "มโนทัศน์หมายถึง การรู้จักเรื่องใดเรื่องหนึ่ง วัตถุใดวัตถุหนึ่งจนสามารถจำแนกพวกได้ว่าพวกอะไร อยู่ในพวกอะไร และเรื่องนั้นสิ่งนั้นควรมีคุณลักษณะอย่างไร ทำอะไรได้บ้าง"

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 28) ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า "มโนทัศน์ คือ ความคิด ความเข้าใจ ที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันอาจจะเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุป"

ชัยพร วิชชาวุธ (2525 : 167) ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า

มโนทัศน์ หมายถึง ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับประเภทของสิ่งต่าง ๆ ตามความเข้าใจของแต่ละคน เช่น เข้าใจว่าสิ่งของลักษณะเช่นใด เรียกว่า ของแข็ง สิ่งของลักษณะเช่นใด เรียกว่าสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิต ลักษณะเช่นใด เรียกว่าแมว คนลักษณะเช่นใด เรียกว่าวีรชน การกระทำลักษณะเช่นใด เรียกว่าหวานข้าว ตลอดจนความคิดลักษณะเช่นใด เรียกว่าวัตถุนิยม

กมลรัตน์ หล้าสุวรรณ (2528 : 234) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า "มโนทัศน์ หมายถึง การเข้าใจประเภทของสิ่งต่าง ๆ ได้ถูกต้องตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เช่น การเข้าใจมโนทัศน์ของปากกา ก็จะหมายถึงสิ่งที่ใช้เขียน มีสีต่าง ๆ ได้แก่ สีแดง สีดำ เป็นต้น"

กล่าวโดยสรุป มโนทัศน์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ ซึ่งเป็นข้อสรุปของบุคคล ที่มีต่อกลุ่มของสิ่งเราที่มีลักษณะร่วมกัน ซึ่งบุคคลนั้นได้รับรู้หรือเข้าใจลักษณะของสิ่งเราที่ละสิ่งจากการสังเกตประสบการณ์ เกี่ยวกับสิ่งเรานั้น

#### ประเภทของมโนทัศน์

การจำแนกของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อาจทำได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับว่าจะใช้เกณฑ์อะไรเป็นหลัก

สำหรับการจำแนก ในการแบ่งประเภทของมโนทัศน์นั้นก็เช่นเดียวกัน คือ แบ่งได้หลายลักษณะ ซึ่งผู้วิจัยได้นำการจัดแบ่งประเภทของมโนทัศน์โดยนักการศึกษาของไทยและของต่างประเทศ มาเสนอในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

จอห์น ดี เคอ เซคโค (De Cecco 1968 : 291-293) ได้จำแนกมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท สรุปได้ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน (conjunction concepts) หมายถึง มโนทัศน์ที่เกิดจากลักษณะร่วมกันหลายอย่าง ตัวอย่างเช่น สุนัขมีลักษณะทั่วไปของสี ขนาด รูปร่าง เนื้อหนัง และพฤติกรรม แม้ลักษณะเฉพาะของลักษณะทั่วไปเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนไป เช่น เปลี่ยนจากเกรทเด็นลี น้ำตาลแกมเหลืองไปเป็นพูเคิลตัวเล็กสีขาว เรายังบอกได้ว่าเป็นสุนัข และยังสามารถบอกได้ว่าสุนัขแตกต่างไปจาก แมว ม้า วัว และสัตว์เลี้ยงอื่น ๆ มโนทัศน์ที่เกิดจากลักษณะร่วมนี้เรียนรู้และสอนได้ง่ายที่สุด

2. มโนทัศน์ที่มีลักษณะขัดแย้งกัน (disjunction concepts) หมายถึง มโนทัศน์ที่มีลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมของลักษณะทั่วไปอันหนึ่ง หรืออีกอันหนึ่งหรือทั้งสองอันปรากฏอยู่ในมโนทัศน์ประเภทนี้ ลักษณะทั่วไปและลักษณะเฉพาะใช้แทนกันได้ ตัวอย่างเช่น รูปสองรูป และหรือวงกลมสองวง เป็นมโนทัศน์ที่มีลักษณะขัดแย้งกัน เราสามารถมองเห็นได้ว่า ลักษณะทั่วไปได้แก่ รูปร่าง และจำนวน และพบว่าลักษณะเฉพาะของจำนวนยังคงเดิม มโนทัศน์ประเภทที่มีลักษณะขัดแย้งกันนั้น ลักษณะเฉพาะของรูปร่างสามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยอาจจะเป็นวงกลมหรือรูปร่างใด ๆ ก็ได้

3. มโนทัศน์ที่มีลักษณะสัมพันธ์ (relational concepts) หมายถึง มโนทัศน์ที่เกิดจากความสัมพันธ์กันระหว่างลักษณะทั่วไป เช่น ระยะทางและทิศทาง เป็นมโนทัศน์ที่มีลักษณะสัมพันธ์ มโนทัศน์ของระยะทางเกิดความสัมพันธ์ระหว่างจุดสองจุด ซึ่งหมายถึงการแยกออกจากกันของจุดสองจุด มโนทัศน์ของทิศทางเป็นความสัมพันธ์จุดสองจุดหรือมากกว่า ซึ่งหมายถึงการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

สำหรับเคิร์ช เอช รัสเซล (Russell 1956 : 125-155) มีเกณฑ์ในการจำแนกแตกต่างจาก จอห์น ดี เคอ เซคโค (De Cecco) รัสเซลได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ไว้ 8 ประเภท ตามเนื้อหาสาระดังนี้

1. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (mathematical concepts)

คือมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับจำนวนเลข การวัด ซึ่งมีอยู่ในชีวิตประจำ

2. มโนทัศน์ในเรื่องเวลา (concepts of time) เป็นมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ของมิติ (concepts of space) แต่มโนทัศน์ในเรื่องเวลาเป็นนามธรรมมากกว่า ตัวอย่างมโนทัศน์ในเรื่องเวลา เช่น เช้า สาย ม่าย เย็น กลางวัน กลางคืน ฤดูกาลต่าง ๆ

3. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ประกอบด้วย มโนทัศน์ทางคณิต มโนทัศน์ในเรื่องเวลา และมโนทัศน์ของมิติ เพราะวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับ การวัดที่แน่นอนของเรื่องเวลา มิติ น้ำหนัก และปรากฏการณ์อื่นด้วย

4. มโนทัศน์เกี่ยวกับตนเอง (concepts of the self) คือ การที่บุคคลมีความรู้สึกว่าเขาเองคือใคร เป็นอะไร เป็นอย่างไร

5. มโนทัศน์ทางสังคม (social concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง บุคคล ชุมชน ประชาธิปไตย ศิลธรรม และพฤติกรรมต่าง ๆ

6. มโนทัศน์ทางสุนทรียภาพ (aesthetic concepts) เป็นมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสวยงามและขึ้นอยู่กับมโนทัศน์ทางสังคม ตัวอย่างเช่น สุนทรียภาพในภาพเขียน รูปภาพ ดนตรี เป็นต้น

7. มโนทัศน์เกี่ยวกับอารมณ์ขัน (concepts of humor) คือมโนทัศน์ที่อยู่ในขอบเขตของสังคมที่บุคคลนั้นอาศัยอยู่ บางสิ่งเป็นเรื่องที่ขบขันในสังคมหนึ่ง แต่อาจไม่ขบขันในอีกสังคมหนึ่งก็ได้

8. มโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องอื่น ๆ (miscellaneous concepts) เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับความตาย เพศ สงคราม เป็นต้น

ส่วนแจ๊คเกอร์สัน เจ เอส บรูเนอร์ และคณะ (Bruner and others 1956 : 41-45) มีความเห็นสอดคล้องกับจอห์น ดี เคอเซโค (De Cecco) คือแบ่งประเภทของมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภทเช่นเดียวกันคือ

1. มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน (conjunction concepts)
2. มโนทัศน์ที่มีลักษณะขัดแย้งกัน (disjunction concepts)
3. มโนทัศน์ที่มีลักษณะสัมพันธ์ (relational concepts)

สำหรับบุญเสริม กุทธาภิรมย์ (2523 : 9-10) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท

ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน เป็นประเภทของมโนทัศน์ที่มีอยู่เป็น

ส่วนใหญ่ มโนทัศน์ประเภทนี้เรียนรู้ได้ง่าย มีคุณลักษณะร่วมกันหลายอย่าง เช่น สุนัข แม้จะมีอยู่หลายพันธุ์ ซึ่งแต่ละพันธุ์มีคุณลักษณะเฉพาะแตกต่างกันไป แต่ก็ยังมีคุณลักษณะหลายอย่างร่วมกัน จนเราสามารถบอกได้ว่าเป็นสุนัข

2. มโนทัศน์ที่เป็นเชิงสัมพันธ์ เป็นมโนทัศน์ที่ต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก หรือส่วนของกลุ่มมาพิจารณาคูคุณลักษณะ หรือคุณค่าที่แตกต่างกัน แต่สมาชิกหรือส่วนของกลุ่มมีความสัมพันธ์กันในบางลักษณะ เช่น การจัดกลุ่มคน อายุ เพศ วัย ต่างกันเข้าด้วยกัน เพราะบุคคลเหล่านั้นปฏิบัติกิจกรรมบางอย่างร่วมกัน

3. มโนทัศน์ที่เป็นเชิงวิเคราะห์ เป็นมโนทัศน์ที่อยู่บนพื้นฐานของคุณลักษณะที่สังเกตได้จากส่วนของวัตถุ สิ่งของเรื่องราวแต่ละอย่างภายในกลุ่มซึ่งมีความละเอียด และซับซ้อนกว่ามโนทัศน์ 2 ประเภท ตัวอย่างเช่น การจัดกลุ่มสัตว์สี่เท้าเข้าด้วยกัน โดยดูคุณลักษณะจำนวนเท้าหรือขาทั้ง ๆ ที่เป็นสัตว์ต่างชนิดกัน

ส่วนกมลรัตน์ หล้าสูงษ์ (2528 : 234-235) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท

คือ

1. มโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง หมายถึง การจัดประเภทของสิ่งต่างๆ โดยใช้กฎเกณฑ์บางอย่างร่วมกัน มักเชื่อมโยงด้วยคำว่า "และ" เช่น สัตว์สี่เท้า หมายถึง อินทรีที่มีขนยาวปกคลุมร่างกายและมีสี่เท้า ดังนั้นแมว สุนัข ฯลฯ จัดเป็นสัตว์สี่เท้า คนสวย หมายถึง คนที่มีหน้าตาและรูปร่างสมส่วน ดังนั้นอาภัสรา จึงเป็นคนสวย เพราะหน้าตาดีและรูปร่างสมส่วน

2. มโนทัศน์ชนิดแยกแยะ หมายถึง การจัดประเภทของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้กฎเกณฑ์บางอย่างแยกแยะกันออกไปตามความแตกต่างที่ปรากฏ มโนทัศน์ชนิดนี้มักใช้คำว่า "หรือ" เข้าไปเกี่ยวข้องกับการจัดประเภทของสิ่งของด้วย เช่น คนที่เป็นอธิการบดี คือบุคคลที่จบปริญญาเอกหรือจบปริญญาโท แต่ทำงานด้านบริหารมาแล้ว 5 ปี การเรียนรู้มโนทัศน์ชนิดแยกแยะเกิดได้ยากกว่ามโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง ทั้งนี้เพราะในแต่ละประเภทของมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยงจะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วน ในทางตรงกันข้าม ในแต่ละประเภทของมโนทัศน์ชนิดแยกแยะไม่จำเป็นต้องมีคุณสมบัติครบถ้วน มีเพียงคุณสมบัติใดสมบัติหนึ่งก็จัดเป็นมโนทัศน์ชนิดแยกแยะได้

กล่าวโดยสรุปแล้ว มโนทัศน์แต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกันโดยลักษณะทั่วไป และ

ลักษณะ เฉพาะ ดังนั้นการที่บุคคลจะสรุปความคิดที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือ เรื่องใด เรื่องหนึ่งจึงจำเป็น ต้องคำนึงถึงลักษณะทั่วไปและลักษณะ เฉพาะซึ่งเป็นส่วนประกอบด้วย สำหรับการเรียนรู้ โนทัศน์จะ เรียนรู้ได้ง่าย เมื่อโนทัศน์นั้นมีลักษณะไม่ซับซ้อนและมีความ เค้นชัด ส่วนมโนทัศน์ที่มีลักษณะซับซ้อน และมีลักษณะ เฉพาะในลักษณะทั่วไปไม่เด่นชัด จะเรียนรู้ได้ยากกว่า

### ลำดับขั้นในการสร้างมโนทัศน์

ได้มีผู้กล่าวถึงลำดับขั้นในการสร้างมโนทัศน์ในลักษณะต่าง ๆ กัน ดังนี้

เค โลเวลล์ (Lovell 1966 : 12-13) ได้กล่าวถึงการสร้างมโนทัศน์ไว้ว่า

กระบวนการในการสร้างมโนทัศน์นั้นมี 3 กระบวนการคือ การรับรู้ (perception) การย่นย่อ (abstraction) และการสรุป (generalization) การย่นย่อนับว่าเป็นจุดสำคัญของการสร้างมโนทัศน์ ซึ่งได้แก่ลักษณะ เด่นที่ร่วมกันของวัตถุหรือ เหตุการณ์ใน สิ่งแวดล้อมนั้น เด็กจะสร้างมโนทัศน์ได้ก็ต่อเมื่อเขาสามารถแยกแยะ คุณสมบัติของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จากนั้นจึงสรุปครอบคลุมจน ได้ลักษณะ เฉพาะที่ร่วมกันของสิ่งที่ค้นพบ

เดวิด ที ออซูเบล (Ausubel 1968 : 517) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นการสร้างมโนทัศน์

ไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของรูปแบบของสิ่งเร้า
2. ตั้งสมมติฐาน โดยพิจารณาถึงลักษณะร่วมของสิ่งเร้า
3. ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้น ในสถานการณ์หนึ่ง ๆ
4. เลือกข้อสมมติฐานที่สามารถรวบรวมกลุ่มสิ่งเร้า ซึ่งมีลักษณะบางประการร่วมกัน
5. หาลักษณะจำเพาะของสิ่งเร้ามาสัมพันธ์กับแนวคิดของคน
6. แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ที่รับมาใหม่กับมโนทัศน์ เดิมที่มีอยู่แล้ว เพื่อหาความสัมพันธ์กัน
7. สรุปครอบคลุมลักษณะจำเพาะของมโนทัศน์ใหม่ให้ครอบคลุมไป ยังส่วนย่อยทั้งหมดในกลุ่ม
8. หาสัญลักษณ์ทางภาษาที่เหมาะสม มาใช้เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ ใหม่

ชัยพร วิชชาวุธ (2519 : 6) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นการรับรู้มโนทัศน์ไว้ 4 ขั้น ดังนี้

1. การเรียนรู้เริ่มจากผู้เรียนได้มีประสบการณ์ซึ่งได้แก่ การเห็น การได้ยิน การได้ฟัง
2. เมื่อเกิดประสบการณ์แล้ว ผู้เรียนจะต้องสังเกตในรายละเอียดปลีกย่อยของประสบการณ์และคิดเปรียบเทียบ เช่น สิ่งของทั้งสองอย่างมีอะไรที่เหมือนกัน และมีอะไรที่ต่างกัน
3. จากการสังเกตในข้อ 2 ผู้เรียนจะตั้งเป็นสมมติฐานว่า มโนทัศน์คืออะไร
4. ผู้เรียนทดสอบสมมติฐาน ถ้าผลปรากฏว่าถูกก็คงสมมติฐานนั้นไว้ ถ้าผิดก็กลับไปสังเกตและคิดตั้งสมมติฐานใหม่จนถูก

จำนง พรายแย้ม แซ (2516 : 47-49) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้มโนทัศน์ ไว้ว่า

การที่บุคคลจะเกิดมโนทัศน์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ก็คือ เมื่อบุคคลจะต้องมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ความจริง หลักการและการสรุปรวมของเรื่องนั้น ๆ มาก่อนแล้ว อีกประการหนึ่งจะต้องระลึกได้ว่าสิ่งนั้นมีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง โดยแยกลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ๆ ออกจากสิ่งอื่น ได้อย่างชัดเจน ซึ่งคุณลักษณะต่าง ๆ จะเกิดได้ต้องอาศัยคุณสมบัติในการใช้ การสังเกตเป็นอย่างดี ดังนั้นวิธีที่บุคคลจะเกิดมโนทัศน์ขึ้นในความคิดเป็นขั้น ๆ ดังนี้

สังเกต → ความจริง  
 หลักการ การสรุปรวม → แยกลักษณะเฉพาะ → มโนทัศน์

สุวัฒน์ นิยมคำ (2517 : 17) กล่าวถึงการสร้างมโนทัศน์ไว้ว่า

เมื่อเราพบข้อมูลชุดใดชุดหนึ่งหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง เราจะต้องมองหามโนทัศน์ของมันให้ได้ วิธีมองหามโนทัศน์ในสิ่งใด ๆ ก็ตาม เราจะต้องมองให้เห็นรูปแบบของมัน อย่างใดอย่างหนึ่งใน 3 อย่าง คือ

1. มองให้เห็นคุณสมบัติร่วมของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์นั้น
2. มองให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์นั้น
3. มองให้เห็นแนวโน้มของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์นั้น

เมื่อเรามองเห็นรูปแบบของมันอย่างใดอย่างหนึ่งใน 3 ข้อนี้แล้ว จะทำให้เราได้รับมโนทัศน์ของสิ่งนั้น

ประสาร ทิพย์ธารา (2521 : 157) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นการสร้างมโนทัศน์ว่า จะต้อง

ประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้



1. เพนนาการ (sensation) หมายถึง กระบวนการที่บุคคลได้รับสัมผัสกับสิ่งเร้า
2. สัญชาต (perception) เมื่อได้รับสัมผัสประสาทสัมผัสจะตีความหมายของสิ่งที่เรสัมผัสนั้น โดยอาศัยประสบการณ์หรือการเรียนรู้ที่มีมาแต่เดิม
3. ความจำ (memory) คือการเก็บความเข้าใจที่ได้จากสัญชาต
4. การคิดค้นหาเหตุผลและสรุปผล (generalization) คือการจัดระเบียบความคิดให้เป็นหมวดหมู่ ตลอดจนแยกแยะให้เห็นความแตกต่างของสิ่งเร้าเพื่อให้เกิดความเข้าใจถ่องแท้และเกิดความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิควิสดูอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2524 : 8) ได้กล่าวถึงการสร้างมโนทัศน์ไว้ว่า

การสร้างมโนทัศน์จะเริ่มจากการสัมผัสรับรู้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นเบื้องต้น และเมื่อได้รับรู้จากสิ่งที่มีลักษณะร่วมกัน มีความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นหลาย ๆ ครั้ง ก็จะสามารถนำมาสรุปรวมกันเป็นมโนทัศน์ ในการสร้างมโนทัศน์จะต้องคำนึงเกี่ยวกับปัจจัยด้านผู้เรียนเสียก่อน ปัจจัยดังกล่าวได้แก่

1. ความพร้อมของผู้เรียน ทั้งทางกาย ใจ และสติปัญญา
2. ประสบการณ์เดิมของผู้เรียนจะเป็นพื้นฐานในการที่จะทำให้เกิดมโนทัศน์ในระดับต่อไป
3. แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์อาจจะเป็นแรงกระตุ้นที่เกิดจากความต้องการในการเรียนรู้ของผู้เรียนเอง หรือเนื่องจากเหตุผลทางจิตวิทยา จะเป็นแรงกระตุ้นที่จะช่วยเสริมสร้างมโนทัศน์ของผู้เรียน

จากลำดับขั้นในการสร้างมโนทัศน์ที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า กระบวนการสร้างมโนทัศน์เป็นกระบวนการเกี่ยวกับความคิด ซึ่งเริ่มจากการสังเกต การรับรู้ แล้วนำมาแยกแยะประสบการณ์หรือทดลอง พิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อที่จะหาลักษณะเฉพาะของสิ่งเร้าแล้วสร้างเป็นความเข้าใจเพื่อสรุปรวมเป็นลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์นั้น ๆ

#### การสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์

จอห์น พี เดอ เซคโค (De Cecco 1968 : 402-416) ได้เสนอแนะวิธีการสอนมโนทัศน์ไว้ 9 ขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

1. ระบุดจุดมุ่งหมายไว้ก่อนว่า หลังจากที่ได้เรียนรู้โน้ตสนั้นแล้ว ต้องการให้นักเรียนมีพฤติกรรมอะไรเกิดขึ้นบ้าง

การกำหนดพฤติกรรมที่คาดหวังไว้มีผล 2 ประการ คือ

- 1) เพื่อครูจะได้ประเมินผลได้ถูกต้องตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ หรือถ้านักเรียนบกพร่องตรงไหนจะได้ช่วยเหลือต่อไป
- 2) เพื่อนักเรียนจะได้ประเมินตนเองว่า มีพฤติกรรมที่กำหนดไว้นั้นชัดเจนหรือไม่

2. วิเคราะห์โน้ตสนั้นที่จะให้เรียน ถ้าโน้ตสนั้นที่จะเรียนมีหลายลักษณะ ครูควรลดจำนวนลักษณะที่ไม่จำเป็น โดยเน้นลักษณะที่เด่นและสำคัญ เพื่อผู้เรียนจะได้เข้าใจง่ายขึ้น

3. ใช้สื่อภาษาในการสอน อธิบายให้เข้าใจ การใช้ภาษาเป็นสิ่งจำเป็นในการที่จะทำให้ผู้เรียนเรียนโน้ตสนั้นได้ง่ายขึ้น ดังนั้นในการเรียนการสอนจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการทางภาษาของผู้เรียน ทั้งในส่วนที่เกี่ยวกับวัยและภาวะแวดล้อมของเด็ก เด็กที่อยู่ในครอบครัวที่ยากจน เด็กในย่านเสื่อมโทรม หรือชนบทย่อมมีภาษาจำกัดในการที่จะทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ

4. เสนอดตัวอย่างมโนทัศน์ทั้งด้านบวกและด้านลบ โดยนำตัวอย่างในทางบวกมาเสนอให้มีจำนวนเพียงพอที่จะเป็นตัวแทนลักษณะของมโนทัศน์ ส่วนตัวอย่างในทางลบก็ควรเสนอให้พอที่จะแยกลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ตัวอย่างในทางบวก เช่น มโนทัศน์ของนก ได้แก่ นกพิราบ นกเขา นกขุนทอง ตัวอย่างในทางลบของมโนทัศน์ที่ไม่ใช่คน ได้แก่ สุนัข แมว งู ผี และค้างคาว

5. เสนอดตัวอย่างในทางบวกและทางลบที่ละอย่างในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันหรือเสนอพร้อมกัน

6. เสนอดตัวอย่างใหม่ของมโนทัศน์ทางบวก แล้วให้นักเรียนบอกว่าใช่หรือไม่ใช่โน้ตสนั้นหรือไม่ ในขั้นนี้จะเน้นถึงการสรุปความคิดทั่วไปหรือความสามารถของนักเรียนที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าใหม่ ซึ่งเป็นสิ่งเร้าที่อยู่ในขอบเขตของมโนทัศน์เดียวกัน

7. ทดสอบการเรียนรู้เรื่องมโนทัศน์ของนักเรียน โดยการนำตัวอย่างใหม่ ๆ ของมโนทัศน์ทั้งทางบวกและทางลบมาแสดง แล้วให้นักเรียนเลือกตัวอย่างที่ถูกต้องของมโนทัศน์นั้น ๆ

๘. กำหนดให้นักเรียนให้คำจำกัดความของมโนทัศน์ เพื่อตรวจดูว่านักเรียนเข้าใจถูกต้องหรือไม่ ถ้าบทพระองค์ครูจะช่วยให้ช่วยแก้ไขเพิ่มเติมให้ถูกต้อง

๙. ให้โอกาสนักเรียนตอบสนองและสร้างการเสริมแรงให้เกิดการตอบสนอง การเสริมแรงในการเรียนรู้มโนทัศน์มีวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบการเรียนรู้เป็นเบื้องต้น เพื่อให้ให้นักเรียนสามารถแยกแยะตัวอย่างมโนทัศน์ทั้งทางบวกและทางลบออกจากกัน รวมเข้าด้วยกัน หรือเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ซึ่งถ้ามีการเสริมแรงอย่างคงเส้นคงวาก็จะมีผลต่อการเรียนรู้มโนทัศน์มาก

พอล เอฟ แบรินต์ไวน์ เฟรทเซอร์ จี วัตสัน และพอล อี แบลควูด (Brandwein, Watson and Blackwood 1958 : 117-118) ได้แนะนำการสอนมโนทัศน์ สรุปได้ว่า การสอนมโนทัศน์นั้นจะต้องสอนให้นักเรียนมีความเข้าใจในสถานการณ์ ตั้งปัญหาเพื่อที่จะหามโนทัศน์ที่ถูกต้องกับสถานการณ์นั้น และมีการพัฒนาสถานการณ์ของการเรียนรู้ใหม่ เพื่อที่จะได้สร้างมโนทัศน์ใหม่ต่อไป ซึ่งวิธีการสอนดังกล่าวนี้ก็คือ วิธีการแก้ปัญหา (problem-solving method) นั้นเอง

วิธีการแก้ปัญหานี้ จอห์น เอ็ดเวิร์ด การ์โรนี (Garone อ้างในSax 1969 : 201) ให้การสนับสนุนว่า "วิธีการแก้ปัญหามีวิธีที่สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดี"

ริชาร์ด เจ ชูคแมน (Suchman อ้างใน Sax 1969 : 201) สนับสนุนเทคนิคการสอนด้วยวิธีการแก้ปัญหา โดยให้ความเห็นว่า "ในการสอนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ครูควรสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหา (puzzling or ambiguous situation) เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการถามที่เข้าประเด็น คำถามเช่นนี้จะ เป็นเครื่องช่วยพัฒนาความคิดและสร้างความเข้าใจแก่นักเรียน"

ราล์ฟ ดับบลิว ไทเลอร์ (Tyler อ้างใน Hoover 1968 : 148-150) ได้กล่าวถึงการสอนมโนทัศน์ว่า

การเรียนรู้จะต้องเกิดจากการกระทำของนักเรียนเอง การที่ครูให้หลักการ และข้อสรุปแก่นักเรียนโดยตรง จะทำให้นักเรียนจำสิ่งที่ครูให้โดยปราศจากความเข้าใจในสิ่งนั้น ๆ อย่างแท้จริง ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อเด็กมาก วิธีที่จะแก้เหตุการณ์ดังกล่าวก็คือ พยายามให้นักเรียนตั้งหรือสร้างหลักการ ด้วยคำพูดของเขาเอง

ของ เพียร์เจน (Piaget อ้างในสุวณัฏ นิยมคำ 2517 : 110) ได้กล่าวถึงสิ่งที่ควรคำนึงในการสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ใหม่ สรุปได้ดังนี้

1. ก่อนที่จะสอนมโนทัศน์ใหม่ ครูจะต้องรู้ว่าอะไรเป็นความรู้พื้นฐานที่ต้องเรียนมาก่อนของมโนทัศน์ใหม่นั้น หากเด็กมีความรู้พื้นฐานนั้นแล้ว การรับมโนทัศน์ใหม่ก็สามารถดูซึมเข้าหากันหรือเชื่อมโยงเข้าหากันได้ กระบวนการปรับโครงสร้างเดิมเข้ารับโครงสร้างใหม่ โดยโครงสร้างเดิมมีพอเพียงแล้วเรียกว่า การซึมซาบประสบการณ์ (assimilation)

2. ถ้าเด็กมีความรู้พื้นฐานเดิมไม่พอที่จะรับมโนทัศน์ใหม่ ก็จำเป็นที่ครูจะต้องทำการขยายความรู้พื้นฐานของเด็กออกให้เพียงพอ แล้วจึงสอนมโนทัศน์ใหม่แก่เด็ก ขบวนการปรับขยายโครงสร้างความรู้เดิมให้เพียงพอเพื่อรับความรู้ใหม่นี้เรียกว่า การปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (accommodation)

พนัส หันนาคินทร (2528 : 99-100) กล่าวถึงการสอนมโนทัศน์ว่าอาจทำได้ดังนี้

1. จัดหาประสบการณ์ที่เป็นจริง การอธิบายมโนทัศน์ให้นักเรียนฟังจะชัดเจน หากว่าการอธิบายนั้นมีความสัมพันธ์กับสิ่งที่เขาเข้าใจอยู่ก่อนแล้ว โดยเฉพาะหากเป็นสิ่งที่มีลักษณะเป็นของจริงหรือประสบการณ์จริง ในกรณีเช่นนี้การหาอุปกรณ์การสอนที่ตรงต่อเรื่อง จะช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดีขึ้น

2. แกลงกฎเกณฑ์ต่าง ๆ โดยชัดเจน ประสบการณ์ที่เป็นจริงเป็นสิ่งที่จำเป็นในการที่จะสร้างมโนทัศน์ใหม่แก่นักเรียน ประสบการณ์ที่แกลงออกอย่างแจ่มแจ้งนั้นย่อมจะสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องและชัดเจน สิ่งหนึ่งที่จะช่วยได้มากก็คือ การพยายามให้นักเรียนแกลงมโนทัศน์ออกมาด้วยตนเอง การพยายามให้นักเรียนจำมโนทัศน์ โดยปราศจากความเข้าใจพื้นฐานนั้น ก็เท่ากับการบังคับให้นักเรียนเป็นนกแก้วเท่านั้น

3. การให้คำอธิบายอย่างแจ่มแจ้ง ในการอธิบายครูจะต้องพยายามใช้หลักการที่ได้ผลในการติดต่อสื่อความคิด เช่น ใช้ประโยคง่าย ๆ ใช้คำพูดที่นักเรียนคุ้นเคย เน้นในจุดที่สำคัญด้วยการอธิบายซ้ำ หรืออธิบายในแง่มุมต่าง ๆ กัน และชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างเรื่องย่อยที่มีอยู่ในเรื่องใหญ่

จ่านง พรายแย้มแข (2516 : 49-51) ได้กล่าวถึงหลักการและวิธีการที่ควรคำนึงในการสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ดังนี้

1. การเกิดมโนทัศน์นั้นเป็นไปอย่างช้า ๆ จึงต้องมีการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ

2. ต้องคำนึงถึงความพร้อมของนักเรียน ทั้งทางร่างกาย จิตใจ และสติปัญญา
3. ต้องระลึกไว้เสมอว่า มโนทัศน์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อ เมื่อมีประสบการณ์ในเรื่องนั้นมาก่อนด้วยปริมาณที่มากพอ
4. ในการสอนต้องมีตัวอย่างประกอบมาก ๆ รวมทั้งใช้รูปธรรม ประกอบการสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนนั้น
5. พยายามให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงให้มากที่สุด
6. ถ้าไม่สามารถจะสัมผัสของจริงได้ อาจใช้ประสบการณ์รองในกรณีจำเป็น
7. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วม หรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองให้มากที่สุด
8. ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักใช้ความคิดหาเหตุผลอยู่เสมอ โดยให้รู้จักการสังเกต และการแยกแยะลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ
9. พยายามขจัดวิธีการบอก หรือบรรยายด้วยปากเปล่าให้มากที่สุด

สุชา และสุรางค์ จันทรเฒ (2521 : 18) ได้กล่าวถึงการสอนมโนทัศน์ว่า จะได้ผลดีเพียงใดนั้นย่อมขึ้นกับองค์ประกอบดังต่อไปนี้คือ

1. ควรสอนแต่มโนทัศน์ที่สำคัญ ๆ เท่านั้น เพราะมโนทัศน์อื่น ๆ เด็กอาจจะเรียนนอกห้องเรียนได้ เพราะในห้องเรียนมีเวลาเรียนจำกัด
2. ควรสอนมโนทัศน์ทีละขั้น เพราะมโนทัศน์บางอย่างไม่อาจจะสอนให้สิ้นสุดลงในครั้งเดียวได้ เพราะต้องใช้เวลาให้เด็กทำความเข้าใจพอสมควร มโนทัศน์บางอย่างต้องอาศัยประสบการณ์มากจึงจะเข้าใจ
3. ควรสอนความคิดรวบยอดตามระดับอายุเด็ก นั่นคือ ค่อย ๆ เพิ่มความชัดเจนแจ่มชัดเมื่ออายุสูงขึ้น นั่นคือสอนตามระดับความต้องการของเด็กนั่นเอง จึงจะช่วยให้เกิดผลดี
4. การสอนมโนทัศน์ ควรคำนึงถึงประสบการณ์เดิมของผู้เรียนด้วย โดยเฉพาะประสบการณ์เดิมทางด้านการรับรู้ หรือที่เรียกว่าสัญชาตญาณ เพราะจะช่วยให้เกิดมโนทัศน์ถูกต้องยิ่งขึ้น
5. ครูควรจัดกิจกรรมทางการเรียนให้สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่เด็กจะเรียน จึงจะช่วยให้การสอนมโนทัศน์ได้ผลดี

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 31-32) ได้เสนอหลักการในการสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์แก่นักเรียนสรุป

ได้ดังนี้

1. ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียน และวุฒิภาวะของนักเรียน การใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม จะช่วยให้ครูประสบผลสำเร็จในการสอน ทำให้นักเรียนเกิดความพอใจ สนใจ สนุกสนาน นอกจากนี้ยังทำให้เนื้อหาที่ยากกลับง่าย ทำให้บทเรียนที่ซับซ้อนชัดเจนขึ้น การเลือกใช้อุปกรณ์นั้นครูจะเป็นผู้พิจารณาว่า อุปกรณ์นั้น ๆ เหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียนเพียงใด

2. จัดประสบการณ์ตรงให้นักเรียน โดยให้นักเรียนได้สัมผัสของจริงให้มากที่สุด แต่การนำประสบการณ์ตรงมาใช้ในการสอนก็สามารถทำให้นักเรียนเกิดความสัมพันธ์ทางความคิดด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ขึ้นมาด้วยตนเองได้

3. ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนส่งเสริมให้รู้จักคิดหาเหตุผล รู้จักสังเกต และรู้จักจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ จะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเบื้องต้น อันนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ต่อไป

4. เลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียน ในการสอนสิ่งใดครูจะต้องพิจารณาเลือกวิธีสอนและจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้นักเรียน วิธีสอนบางวิธี เช่น วิธีสอนแบบบรรยาย ควรนำมาใช้น้อยที่สุด เพราะเป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่นำไปสู่การสร้างมโนทัศน์อย่างผิด ๆ ได้ง่าย

กล่าวโดยสรุป การสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้นย่อมขึ้นกับตัวนักเรียนและผู้สอน โดยผู้สอนจะต้องคำนึงถึงวิธีการสอน ลำดับขั้นในการสอนและความพร้อมของนักเรียนเป็นสำคัญ

#### วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

##### ความหมายของวิทยาศาสตร์

เดอ โคลัมเบีย เอ็นไซโคลพีเดีย (The Columbia Encyclopedia อ้างในสุวัณก์ นิยมคำ 2517 : 11) ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "วิทยาศาสตร์คือความรู้ที่สะสมไว้และจัดไว้อย่างมีระบบ ความรู้นี้ได้มาจากปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้นเอง ความเจริญก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์นั้น ไม่เพียงแต่จะได้มีการสะสมความรู้ไว้เท่านั้น แต่จะมีการใช้ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์และทัศนคติที่ดีอีกด้วย"

อาเธอร์ เอ คาริน (Carin อังใน สุวัฒน์ นิยมคำ 2517 : 11) ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่ได้ผ่านการทดสอบยืนยันมาแล้ว และได้สะสมไว้อย่างมีระบบรวมทั้งกระบวนการที่ใช้ไปในการค้นหาความรู้ นั้นมาด้วย"

สุวัฒน์ นิยมคำ (2517 : 11) ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ว่า "วิทยาศาสตร์นั้นเป็นการค้นหาความลึกลับของธรรมชาติโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นั่นก็หมายความว่าสิ่งที่เรียกว่าวิทยาศาสตร์นั้นไม่ใช่ตัวความรู้วิทยาศาสตร์ล้วน ๆ แต่อย่างเดียวน หากประกอบด้วยวิธีการหรือกระบวนการที่ได้ความรู้ นั้นมาด้วย"

สิปปนนท์ เกตุทัต (2517 : 2) ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า

วิทยาศาสตร์คือความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติที่มนุษย์ได้สะสมกันมาตั้งแต่อดีต ปัจจุบัน ไปจนอนาคตอย่างไร้รู้จักจบจักสิ้น เริ่มตั้งแต่ธรรมชาติรอบ ๆ ตัวไปจนองค์ประกอบที่เล็กที่สุดในแง่หนึ่ง ไปจนถึงขนาดใหญ่ที่สุดขนาดเอกภพในอีกแง่หนึ่ง ว่าสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติมีความเป็นมาอย่างไร สัมพันธ์กันหรือไม่อย่างไร มีการพัฒนาเริ่มจากอะไรจนเป็นไปอย่างไร มีระเบียบแบบแผนมีหลักมีเกณฑ์หรือไม่

สง่า สรรพศรี (2526: 1) ได้ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ว่า "วิทยาศาสตร์หมายถึง ความรู้ที่แสดงหรือพิสูจน์ได้ว่าถูกต้องเป็นความจริงจัดไว้เป็นหมวดหมู่ มีระเบียบและขั้นตอนสรุปได้เป็นกฎเกณฑ์สากล เป็นความรู้ที่ได้มาโดยวิธีการที่เริ่มต้นด้วยการสังเกต และหรือการจัดที่เป็นระเบียบมีขั้นตอนและปราศจากอคติ"

ไพโรจน์ ศิริธนาภกุล และคณะ (2528 : 17) ให้ความหมายวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "วิทยาศาสตร์คือวิทยาการที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ในธรรมชาติทั้งในสภาพหนึ่งและสภาพ เปลี่ยนแปลงตามการณเวลา โดยการกระตุ้นทั้งจากภายในหรือจากภายนอก"

เย็นใจ เลาทวิษ (2529 : 25) ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ว่า "วิทยาศาสตร์หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและกระบวนการหาความรู้"

กล่าวโดยสรุป วิทยาศาสตร์นั้นหมายถึง ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติรวมทั้งกระบวนการในการแสวงหาความรู้ดังกล่าว

### ความหมายของเทคโนโลยี

คาร์เตอร์ วี กูด (Good 1973 : 592) ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีไว้ 5 ความหมายดังนี้

1. ระบบทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับเทคนิค
2. การนำเอาวิทยาศาสตร์มาแก้ไขปัญหาในทางปฏิบัติ
3. การจัดระบบของข้อเท็จจริงและหลักการจนเป็นที่ยอมรับ เพื่อจุดมุ่งหมายในทางปฏิบัติและอาจรวมไปถึงหลักการต่าง ๆ
4. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และระบบที่ใช้ในด้านอุตสาหกรรมศิลป์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาประยุกต์ใช้ในโรงงานต่าง ๆ
5. การนำความรู้ทางตรรกศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ มาทำให้เกิดความเจริญก้าวหน้าทางวัตถุ

เฮดเซ คี วิลเลียม (William 1974 : 935) ให้ความหมายเทคโนโลยีไว้ 3 ความหมาย คือ

1. การนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อให้เกิดผลในทางปฏิบัติ และให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้
2. ระเบียบวิธี กระบวนการและสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นผลมาจากการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. การใช้วัสดุ หรือวัตถุดิบบริการให้กับความต้องการของมนุษยชาติ

เอ็ดการ์ เคล (Dale อ้างใน วาสนา ชาวทา 2522 : 3) ได้เสนอไว้ว่า "เทคโนโลยีประกอบด้วยผลรวมระหว่างการทดลอง เครื่องมือ และกระบวนการที่เกิดจากการเรียนรู้ ทดลอง และปรับปรุงแก้ไขมาแล้ว"

เจมส์ ดี ฟินน์ (Finn อ้างใน ประหยัด จิระวรพงศ์ 2520 : 7) ให้ความหมายเทคโนโลยีว่า "เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่มีความหมายลึกซึ้งกว่าสิ่งประดิษฐ์หรือเครื่องมือต่าง ๆ แต่รวมถึงความคิดหรือวิธีการในการกระทำสิ่งใด ๆ "

จอห์น เคนเนธ (Kenneth 1967 : 12) ให้ความหมายเทคโนโลยีว่า "เทคโนโลยีคือการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ หรือความรู้ด้านอื่นซึ่งได้จัดไว้อย่างเป็นระเบียบดีแล้ว เพื่อนำเอามาใช้ในการปฏิบัติ"



สวัสดิ์ มุขปาคม (2517 : 1) กล่าวเกี่ยวกับเทคโนโลยีว่า "เทคโนโลยีคือ การนำเอาวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในสาขาต่าง ๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ลงทุนน้อย แต่ได้ผลผลิตมากและประสิทธิภาพสูง"

ไพโรจน์ ศิระชนากุล และคณะ (2528 : 17) ให้ความหมายของเทคโนโลยีไว้ว่า "เทคโนโลยีคือ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ มาผสมผสานประยุกต์ เพื่อสนองเป้าหมายเฉพาะตามความต้องการของมนุษย์ ด้วยการนำทรัพยากรต่าง ๆ มาใช้ในการผลิต และจำหน่ายให้ต่อเนื่องตลอดทั้งขบวนการ อันจะนำมาซึ่งความกินดีอยู่ดีของสังคมมนุษย์"

เย็นใจ เลาทวิษ (2529 : 28) ให้ความหมายของเทคโนโลยีว่า "เทคโนโลยี หมายถึง ความรู้และ/หรือผลผลิตของความรู้ที่นำมาใช้ประโยชน์หรือทำให้สัตว์หรือทำให้เราหรือผู้ใช้สำเร็จประโยชน์ตามจุดประสงค์"

ก่อ สวัสดิพิทักษ์ (อ้างใน ประหยัด จิระวรพงศ์ 2520 : 7) ให้ความหมายของเทคโนโลยีว่า "เทคโนโลยี หมายถึง การนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์มาใช้ให้เป็นประโยชน์ในการทำงานอย่างมีระบบ"

อาณัติ อาภาภิรมย์ (2523 : 4) ได้กล่าวถึงเทคโนโลยีว่า "เทคโนโลยี คือ การนำเอาวิทยาศาสตร์มาพัฒนา"

จากความหมายของเทคโนโลยีที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า เทคโนโลยีหมายถึง การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิด กระบวนการ เทคนิค อุปกรณ์ และเครื่องมือมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์

#### ความหมายของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากความหมายของวิทยาศาสตร์และความหมายของเทคโนโลยี ที่กล่าวมาข้างต้น นำมาสรุปเป็นความหมายของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หมายถึง การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ ซึ่งมีอยู่หลายลักษณะ เช่น การนำความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ มาสัมพันธ์กันเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ เพื่อประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อพัฒนาความคิดและวิธีการเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นต้น

### บทนิยามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากความหมายของบทนิยามและความหมายของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าบทนิยามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิด กระบวนการ เทคนิค อุปกรณ์ และเครื่องมือมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์

### วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับความต้องการพื้นฐาน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการดำเนินชีวิตเพื่อให้ได้มาซึ่งปัจจัย 4 และความจำเป็นพื้นฐาน 9 ประการของมนุษย์ในสังคมปัจจุบัน ดังที่ ลิปพนนท์ เกตุทัต (2527 : 8) กล่าวว่า

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่รองรับความจำเป็นพื้นฐานและการพัฒนาด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

1. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานที่ทำให้บรรลุปัจจัย 4
2. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยในการดำเนินชีวิตในปัจจุบันและอนาคต
3. วิทยาศาสตร์คือเรื่องราวที่เกี่ยวกับมนุษย์และธรรมชาติ

จากเหตุผลที่กล่าวข้างต้น ลิปพนนท์ เกตุทัต (2527 : 7) ได้สรุปถึงวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและศาสตร์ประยุกต์ (เทคโนโลยี) ที่เป็นพื้นฐานของปัจจัย 4 และความจำเป็นพื้นฐาน 9 ประการ ไว้ดังนี้

ตารางที่ 1 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐานของปัจจัย 4 จากลิปพนนท์ เกตุทัต (2527 : 7)

ปัจจัย 4	ความจำเป็นพื้นฐาน 9 ประการ ในปัจจุบัน	ศาสตร์ประยุกต์ เทคโนโลยี	วิทยาศาสตร์ พื้นฐาน
1. อาหาร	1. อาหารที่ถูกสุขลักษณะ	โภชนาการ เกษตร	ชีววิทยา และอื่น ๆ
2. ที่อยู่	2. ที่อยู่อาศัยในสภาพแวดล้อมที่ดี	วิศวกรรม สถาปัตยกรรม	ฟิสิกส์ คณิต และอื่น ๆ
	3. มีงานทำในสภาพแวดล้อมที่ดี	เกษตร อุตสาหกรรม	ฟิสิกส์ คณิต และอื่น ๆ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ปัจจัย 4	ความจำเป็นพื้นฐาน 9 ประการ ในปัจจุบัน	ศาสตร์ประยุกต์ เทคโนโลยี	วิทยาศาสตร์ พื้นฐาน
3. ยา	4. มีสิทธิรับบริการที่จำเป็น	การศึกษา แพทย์ สาธารณสุข	คณิต ฟิสิกส์ เคมี ชีวะ ศาสตร์อื่น ๆ
4. เครื่อง นุ่งห่ม	5. มั่นคงปลอดภัยในชีวิตและ ทรัพย์สิน	การปกครอง รัฐ- ศาสตร์ อาชญวิทยา	ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และอื่น ๆ
	6. ปัจจัยการผลิตเพียงพอ	ที่ดิน ทุน	คณิต และอื่น ๆ
	7. สามารถควบคุม เวลาและ จำนวนบุตร	ประชากรศาสตร์	ชีววิทยา คณิต และศาสตร์อื่น ๆ
	8. มีส่วนร่วมในการปกครอง ร่วมมีอนุรักษทรัพย์ากรและ สิ่งแวดล้อม	รัฐศาสตร์	คณิต วิทยาศาสตร์ พื้นฐาน และศาสตร์อื่น ๆ
	9. พัฒนาจิตใจ	ศาสนา ปรัชญา ศิลปวัฒนธรรม	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สอดคล้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งในต่าง-  
ประเทศและในประเทศไม่พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยตรง  
แต่มีการวิจัยมโนทัศน์ของวิทยาศาสตร์ และเป็นการวิจัยเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ เช่น  
การศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ การศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการสอนมโนทัศน์ของมวล การเสนอ  
ผลการศึกษาวิจัยดังกล่าวได้แยกเสนอเป็น 2 ตอน คือ งานวิจัยในต่างประเทศและในประเทศ

งานวิจัยในต่างประเทศ

เอ็ดเวิร์ด เค วิเวอร์ และ ชารา เกนโนเวย์ โคลแมน (Weaver and Coleman

อ้างใน ปทีป เมธาคุณวุฒิ 2514 : 20) ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในการเรียนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บ้าง เรื่องกับความสามารถทางสมองของนักเรียนเกรด 1 โดยใช้ตัวอย่างประชากรจำนวน 25 คน ทำการสอนมโนทัศน์ที่จัดทำขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ แล้วทดสอบความสามารถทางสมอง 6 ครั้ง จากการศึกษาพบว่า

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจมโนทัศน์และความสามารถทางสมองสูง และสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในการทดสอบแต่ละครั้ง
2. นักเรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจโดยใช้วิธีการสอนแบบแก้ปัญหา
3. นักเรียนที่มีความสามารถทางสมองต่ำกว่าเฉลี่ย สามารถเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับ เวลาและการเปลี่ยนแปลง ความแปรปรวนได้

วิลเลียม แฮร์ริส (Harris 1964 : 43-50) ได้ทำการวิจัยหาวิธีการที่จะจัดเนื้อหาวิทยาศาสตร์ตามลำดับขั้น โดยเลือกเนื้อหาจาก เรื่องโมเลกุลหรือทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนแล้วนำไปทดลองสอนกับตัวอย่างประชากร ซึ่งเป็นนักเรียนโรงเรียนทดลองของวิสคอนซิน สเตทคอลเลจ ที่เรียนในเกรด 4,5 และ 6 จำนวน 74 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจทั้งมโนทัศน์ที่สำคัญและมโนทัศน์ย่อย ๆ ในเรื่องนี้ได้ แต่สำหรับนักเรียน เกรด 4 การจัดสอนเนื้อหาเหล่านี้ยังไม่ค่อยเหมาะสม

จอห์น เอช ชราเดอร์ (Shrader 1968 : 196-199) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกรดห้าและหกที่มีต่อมโนทัศน์สำคัญทางเคมี บางเรื่องที่สอนในวิทยาลัยปีที่ 1 โดยการทดลองสอนและ เปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนและหลังสอนของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง และนักศึกษาปีที่ 1 ในวิทยาลัย ตลอดจนสังเกตพฤติกรรมตอบสนองของนักเรียนกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยใช้กลุ่มทดลองจากนักเรียน โรงเรียนสี่เบเลอร์ กลุ่มควบคุมจากนักเรียนโรงเรียนวอชิงตัน และนักศึกษาจาก เซนทรัลวอชิงตัน สเตท คอลเลจ ส่วนเนื้อหาจากหนังสือแบบเรียนของวิทยาลัย ผู้วิจัยทำการทดลองสอนเป็นเวลา 24 วัน แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้ทดสอบค่าที (t) ของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการทดสอบก่อนและหลังการสอนในแต่ละกลุ่ม ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนเกรด 5 และ 6 สามารถเรียนรู้และเข้าใจมโนทัศน์วิชาเคมีที่สอนในวิทยาลัยปีที่ 1 ได้ ช่วงระยะเวลาในการเข้าห้องทดลองมีประโยชน์ในการสอนมาก

2. มโนทัศน์พื้นฐานวิชาเคมีของนักเรียนในวิทยาลัย ซึ่งได้รับการสอนจากโรงเรียนมัธยม มีขอบเขตจำกัด

จอห์น แอนดรู เจอรัลด์ แมคเคลแลนด์ (McClelland 1971 : 6431-A) ได้ทำการศึกษาพัฒนาการมโนทัศน์เกี่ยวกับพลังงานของเด็กนักเรียนเกรด 2 ซึ่งปกติมโนทัศน์นี้จะไม่ถูกนำมาสอนก่อนเกรด 3 การสอนได้พิจารณาจากกฎเกณฑ์ของพลังงานและความสามารถตามอายุเด็ก สอนให้รู้จักกระบวนการในการเปลี่ยนรูปของพลังงานแต่ละกระบวนการ โดยสร้างบทเรียนต่อเนื่องกัน 5 บทเรียน และปรับปรุงใช้กับเด็กเกรด 2 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในอิตาคา นิวยอร์ก จำนวน 3 ห้องเรียน ซึ่งมีจำนวนเด็กชายและเด็กหญิงเท่ากัน กำหนดการทดสอบด้วยภาพ 2 ครั้ง ซึ่งครั้งแรกจะสอบเมื่อเสร็จสิ้นการเรียนการสอนไปแล้ว 1 สัปดาห์ และจะสอบซ้ำอีกครั้งใน 4 สัปดาห์ ต่อมานอกจากนั้นมีการสัมภาษณ์อีก 6 ครั้ง 2 ครั้งแรกไม่เกี่ยวกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ 2 ครั้งต่อมา ทำทันทีหลังจากทดสอบด้วยภาพ 2 ครั้ง และ 2 ครั้งสุดท้ายสัมภาษณ์เกี่ยวกับเนื้อเรื่องใหม่ การเรียนรู้มโนทัศน์ของพลังงาน 3 ระดับ คือ

- ระดับที่ 1 เกี่ยวกับรูปพลังงานขั้นพื้นฐาน
- ระดับที่ 2 เกี่ยวกับพลังงานอัน เป็นสิ่งที่มีอยู่จริง
- ระดับที่ 3 เกี่ยวกับความถาวรของพลังงาน

ผลการวิจัยพบว่าผู้ถูกสัมภาษณ์ครึ่งหนึ่งสามารถเรียนรู้มโนทัศน์ระดับที่ 1 ได้ อีก 10% สามารถเรียนรู้มโนทัศน์ในระดับที่ 2 ได้ แต่การเรียนรู้มโนทัศน์ระดับที่ 3 เรื่องความถาวรของพลังงานมีผลไม่เป็นที่น่าพอใจ

เจมส์ บาร์เรท คันนิงแฮม (Cunningham 1971 : 269-A) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการเรียนรู้มโนทัศน์ของนักเรียนฟิสิกส์ 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่เรียนหลักสูตรฟิสิกส์ระดับไฮสคูลแบบใหม่ (PSSC) และกลุ่มที่เรียนหลักสูตรระดับไฮสคูลแบบเก่า (Taffel) โดยสุ่มจากนักเรียนที่เลือกเรียนฟิสิกส์ในโรงเรียนประจำตำบล ที่พิทส์เบิร์ก จำนวน 759 คน มาเพียง 484 คน จากจำนวนนี้ 265 คน เรียนหลักสูตรใหม่ และ 219 คน เรียนหลักสูตรเก่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้มโนทัศน์ในเรื่อง การตกเหว 2 ชุด โดยชุดที่ 1 เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการเรียนรู้มโนทัศน์ (Concept Attainment Test) ซึ่งประกอบด้วยข้อทดสอบวัดความเข้าใจ การนำไปใช้และการวิเคราะห์ ส่วนชุดที่ 2 เป็นแบบ

ทดสอบวัดความรู้ใหม่ในทัศน (Concept Knowledge Test) สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ใหม่ในทัศน เกี่ยวกับการหักเห นอกจากนี้ยังมีแบบวัดความสามารถทางสติปัญญา (Otis Lennon Mental Ability Test) สำหรับควบคุมตัวแปรความสามารถทางสติปัญญา ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มออกเป็นระดับต่ำ ปานกลาง และสูง โดยพิจารณาจากคะแนนของแบบทดสอบวัดความรู้ใหม่ในทัศน (CKT) และนำค่ามัชฌิม เลขคณิตของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการ เรียนรู้ในทัศน (CAT) ของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน ผลการวิจัยพบว่า

1. กลุ่มสูงที่เรียนหลักสูตรฟิสิกส์แบบใหม่จะสามารถ เรียนรู้ในทัศนได้ดีกว่ากลุ่มสูงที่เรียนหลักสูตรแบบเก่า
2. กลุ่มปานกลางที่เรียนหลักสูตรฟิสิกส์แบบใหม่สามารถ เรียนรู้ในทัศนได้ดีกว่ากลุ่มปานกลางที่เรียนหลักสูตรฟิสิกส์แบบเก่า
3. กลุ่มต่ำที่เรียนหลักสูตรฟิสิกส์แบบใหม่และกลุ่มต่ำที่เรียนหลักสูตรฟิสิกส์แบบเก่า สามารถเรียนรู้ในทัศนได้เท่ากัน

แอนตัน อีริค ลอสัน (Lawson 1973 : 3179-A) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างเนื้อหาวิชาทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมกับระดับสติปัญญาของผู้เรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างประชากรที่เป็นนักเรียนเคมี ชีวะ ฟิสิกส์ จากโรงเรียนไฮสคูล นอร์แมน รัฐโอคลาโฮมา ใช้วิธีสอนและเนื้อหาปกติ ระหว่างเดือนสุดท้ายของการสอนในปีการศึกษา 1972 - 1973 โดยทำการสัมภาษณ์นักเรียนชีวะ 51 คน นักเรียนเคมี 54 คน และนักเรียนฟิสิกส์ 33 คน เกี่ยวกับงานของเพียเจต์ 4 เรื่อง คือเรื่องความถาวรของน้ำหนัก ความถาวรของปริมาตร การ แยกแยะตัวแปรและเสถียรภาพในสมดุลย์ และสอบข้อเขียน 2 ครั้ง ผลปรากฏว่าจากการสัมภาษณ์ งานของเพียเจต์ 64.8% ของนักเรียนชีวะ ถูกจัดเป็นพวกที่มีความคิดในเชิงรูปธรรม 92% ของ นักเรียนเคมี ถูกจัดเป็นพวกที่มีระดับเหนือพวกที่มีความคิดในเชิงรูปธรรม แต่ต่ำกว่าพวกที่มีความคิด ในเชิงนามธรรม กลุ่มนักเรียนฟิสิกส์ถูกจัดคล้ายพวกนักเรียนเคมี จากการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาไม่เหมาะสมกับระดับสติปัญญาของผู้เรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับสติปัญญาอยู่ในขั้นคิดเชิงรูปธรรม ในขณะที่เนื้อหาวิชาทางวิทยาศาสตร์ในระดับนี้ส่วนใหญ่จะเป็นพวกนามธรรม

เอลเมอร์ เอ เลมค์ และ คณะ (Lemke and others อังโนชาญวิทย์ จรครระ การ 2524 : 31) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์และการเรียนมโนทัศน์ ผู้เข้ารับการ

ทดลอง เป็นนักเรียนเกรด 7,8 และ 9 ทั้งชายและหญิงจำนวน 120 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นบัตรสิ่งเร้าทรงเรขาคณิตระนาบ 6 ด้าน และ 2 ลักษณะในแต่ละด้าน จำนวน 64 บัตร ผู้รับการทดลองทุกคนจะต้องเรียนมโนทัศน์คนละ 8 ปัญหา เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหาเป็นคะแนนที่ต้องการ การวัดผลสัมฤทธิ์ใช้แบบทดสอบมาตรฐานจำนวน 16 ชุด เกี่ยวกับทางด้านตัวเลข การออกเสียง วิทยาศาสตร์และการอ่านผลจากการคำนวณหาค่าสัมพัทธ์ภายใน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับการเรียนมโนทัศน์ในทางบวกสูงมาก ดังนั้นจึงสรุปว่าความสามารถในการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียนเกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมาก

#### งานวิจัยในประเทศ

จิตรารมภ์ ทองน้อม (2530 : 47-50) ได้ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนรัฐบาล สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร จากห้องที่การศึกษาทั้งหมด 8 ห้องที่ จำนวน 351 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่และเรื่องกฎการเคลื่อนที่ นำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ทั้ง 2 ฉบับ ไปทดสอบกับตัวอย่างประชากร ผลของศึกษา สรุปได้ว่าตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่และเรื่องกฎการเคลื่อนที่ในระดับต่ำ

รัชณี ศานติยานนท์ (2518 : 40-43) ได้ศึกษามโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาความสามารถในการเรียนรู้มโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1,2 และ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) ปีการศึกษา 2517 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 91 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบตามบทเรียนที่สร้างขึ้น 5 บทเรียน ทดลองสอน 15 ชั่วโมง แล้วทำการทดสอบวัดความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ ในมโนทัศน์ต่าง ๆ ผลการศึกษาสรุปได้ว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สามารถเรียนมโนทัศน์บางเรื่องในวิชาวิทยาศาสตร์ ที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ และสามารถนำเนื้อหาที่บรรจุลงในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นได้

สมชัย กุลจนิรักษ์ (2528 : 60-63) ได้ศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการสอนมโนคติของ

มวลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคต้นปีการศึกษา 2528 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปกร จังหวัดนครปฐม จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 32 คน โดยใช้ห้องเรียนหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 ซึ่งครูสอนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบสอบ ส่วนอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 2 ซึ่งครูสอนโดยใช้วิธีสอนแบบตามลำดับขั้นการเรียนรู้ของ กาญญะ (Gagné) โดยแบ่งแต่ละกลุ่มออกเป็นกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนสูงจำนวน 16 คน และกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ 16 คน ใช้เวลาในการทดลองสอนห้องละ 4 คาบ เมื่อสอนจบแล้วให้นักเรียนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ เรื่องมโนทัศน์ของมวลซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง ผลการศึกษาพบว่า

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมโนทัศน์ของมวลระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบสอบและการสอนแบบตามลำดับขั้น เรียนรู้ของกาญญะ (Gagné) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมโนทัศน์ของมวลระหว่างนักเรียนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำที่ได้รับการสอนแบบสืบสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมโนทัศน์ของมวลระหว่างนักเรียนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำที่ได้รับการสอนตามลำดับขั้นการเรียนรู้ ของกาญญะ (Gagné) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
4. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมโนทัศน์ของมวลระหว่างนักเรียนกลุ่มสูงที่ได้รับการสอนแบบสืบสอบและนักเรียนกลุ่มสูงที่ได้รับการสอนตามลำดับขั้นการเรียนรู้ของกาญญะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
5. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมโนทัศน์ของมวล ระหว่างนักเรียนกลุ่มต่ำที่ได้รับการสอนแบบสืบสอบ และนักเรียนกลุ่มต่ำที่ได้รับการสอนตามลำดับขั้นการเรียนรู้ของกาญญะ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นำทิพย์ ฤกษ์หว่าย (2523 : 19-38) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ในการเรียนความคิดรวบยอด "เรื่องพันธะเคมี" ตามแนวสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานครซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนเนื้อหาวิชาเรื่อง "พันธะเคมี" ตามแนวสถาบัน-



ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเทียบกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น ตัวอย่างประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประจำปีการศึกษา 2522 สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 490 คน เครื่องมือที่ใช้วิจัยเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมโนทัศน์ วิชาเคมี เรื่อง "พันธะเคมี" แบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ผลการศึกษาพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมโนทัศน์ เรื่อง "พันธะเคมี" ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร ต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง คือต่ำกว่า 70%
2. นักเรียนที่เรียนจากครูผู้สอนที่มีวิชาเอกต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมโนทัศน์ เรื่อง "พันธะเคมี" ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. นักเรียนที่เรียนจากครูผู้สอนที่มีประสบการณ์ในการสอนต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมโนทัศน์ เรื่อง "พันธะเคมี" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
4. นักเรียนที่เรียนจากครูผู้สอนที่ใช้วิธีสอนต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมโนทัศน์ เรื่อง "พันธะเคมี" แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปทีป เมธาคูณวุฒิ (2514 : ง) ได้ทดลองสอนวิชาไฟฟ้า ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสาธิตนาทิพย์ 4 ห้องเรียน จำนวน 140 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 2 ห้อง โดยทำการสอนวิชาไฟฟ้ากับกลุ่มทดลอง ตามโครงการที่จัดตามแนวมโนทัศน์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 สอนสัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ และเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนวัดธาตุทอง 4 ห้อง จำนวน 110 คน สำหรับทดสอบเปรียบเทียบ ผลปรากฏว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และนักเรียนชั้นประถมปีที่ 6 กลุ่มทดลองสามารถเรียนวิชาไฟฟ้าได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกด้าน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มทดลอง หนูง่กับหนูง่ดำสามารถเรียนวิชาไฟฟ้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในด้านความเข้าใจ และการนำมโนทัศน์ไปใช้ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในด้านความจำ และผลรวมทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบความรู้ในวิชาไฟฟ้าระหว่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม ผลปรากฏว่าไม่แตกต่างกัน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งในต่างประเทศและ  
 ในประเทศ พบว่าส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการสร้างมโนทัศน์  
 ให้กับนักเรียน เพื่อศึกษาความสามารถในการเรียนรู้มโนทัศน์ของนักเรียน และเพื่อศึกษาตัวแปรต่าง ๆ  
 ที่มีผลต่อการเรียนการสอนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มโนทัศน์ที่ศึกษาจะเป็นมโนทัศน์  
 ทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ จากการวิจัยต่าง ๆ ดัง  
 กล่าวข้างต้น สรุปได้ว่ามีงานวิจัย 12 เรื่อง เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง 8 เรื่อง จากผลการวิจัยสรุป  
 ได้ว่าวิธีที่เหมาะสมในการสร้างมโนทัศน์ให้กับนักเรียนได้แก่ วิธีการสอนแบบแก้ปัญหา วิธีการสอน  
 แบบสืบสอบและวิธีสอนโดยการจัดเนื้อหาให้มีลำดับขั้นจากความรู้พื้นฐานไปสู่ความรู้ในระดับสูงขึ้นโดย  
 พิจารณาจากเนื้อหาที่จะสอนและระดับความสามารถของผู้เรียนเป็นหลัก ในด้านความสามารถในการ  
 เรียนรู้มโนทัศน์ของนักเรียนสรุปได้ว่าความสามารถในการเรียนรู้มโนทัศน์ มีความสัมพันธ์กับความรู้  
 ความเข้าใจของนักเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในทางบวก นอกจากนี้ยังพบว่า  
 นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้มโนทัศน์เชิงรูปธรรมได้มากกว่าเชิงนามธรรม และพบว่า  
 มโนทัศน์บางเรื่องที่จัดให้มีการสอนในระดับชั้นเรียนสูง ๆ สามารถนำมาสอนให้กับนักเรียนในระดับ  
 ชั้นเรียนต่ำกว่าได้ สำหรับตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเรียนการสอนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของ  
 นักเรียนนั้นได้แก่ ความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียน ประสบการณ์ของผู้เรียน หลักสูตรที่ใช้ใน  
 การเรียนการสอน ความยากง่ายของเนื้อหาที่ให้เรียน วิธีการสอนของครู และประสบการณ์การ  
 สอนของครู

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย