



## บทที่ 2

### วรรณคดีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เขตกรุงเทพมหานคร ได้มีการศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อต่อไปนี้

1. มโนทัศน์
  - 1.1 ความหมายของมโนทัศน์
  - 1.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
  - 1.3 ประเภทของมโนทัศน์
  - 1.4 การสร้างมโนทัศน์
  - 1.5 การสอน เพื่อให้เกิดมโนทัศน์
2. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
  - 2.1 ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
  - 2.2 ลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
  - 2.3 สาเหตุการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - 3.1 งานวิจัยในต่างประเทศ
  - 3.2 งานวิจัยในประเทศ

### มโนทัศน์

#### ความหมายของมโนทัศน์

คำว่า "มโนทัศน์" มาจากคำภาษาอังกฤษว่า concept นอกจากคำว่า มโนทัศน์แล้ว ยังมีคำอื่นที่มีความหมายเดียวกันอีก เช่น ความคิดรวบยอด สังกัป แนวความคิด มโนคติ มโนคติ

มโนภาพ และได้มีผู้ให้ความหมายของคำว่า มโนทัศน์ ไว้ดังนี้

อาร์ เอส ฟิลด์แมน (Fieldman 1987 : 210) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ไว้ว่า "มโนทัศน์เป็นการจัดกลุ่มสิ่งของ เหตุการณ์หรือคนที่มีคุณสมบัติคล้ายกันเข้าด้วยกัน การใช้มโนทัศน์ทำให้เกิดความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น มโนทัศน์ทำให้เราสามารถจัดจำแนกสิ่งใหม่ ๆ ที่เราพบให้อยู่ในรูปที่เราสามารถเข้าใจได้ตามประสบการณ์ที่ผ่านมาของเรา"

เอ็ม ฮี โรเทนเบิร์ก (Rothenberg 1985 : 500) ได้ให้ความหมายของคำว่า มโนทัศน์ในเชิงปรัชญาและจิตวิทยา ดังนี้ "มโนทัศน์ในเชิงปรัชญาหมายถึง ความคิดที่ประกอบด้วยแนวคิดต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะพิเศษและมีความสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล ส่วนมโนทัศน์ในความหมายทางจิตวิทยานั้น มโนทัศน์ไม่ได้เป็นเพียงการรับรู้ แต่เป็นผลสรุปที่ได้จากการกลั่นกรองการรับรู้ นั้นแล้ว"

คาร์เตอร์ วี กูด (Good 1973 : 124) ได้ให้ความหมายของคำว่า มโนทัศน์ไว้ 3 ลักษณะ คือ "1. ความคิดหรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบหรือลักษณะร่วมซึ่งสามารถนำมาจำแนกเป็นกลุ่มได้ 2. ความคิดทั่วไปเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสถานการณ์ กิจการหรือวัตถุ 3. ความรู้สึกนึกคิด ความเห็น ความคิดและมโนภาพ"

พี ดี เฮิร์ด (Hurd 1970 : 57) เสนอความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า

มโนทัศน์เป็นการสังเคราะห์ หรือการนำข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดความหมายที่ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ และมโนทัศน์ยังเป็นผลผลิตที่ได้จากการจินตนาการ การใช้ความคิดหรือการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล จนทำให้เกิดความรอบรู้อย่างลึกซึ้งโดยใช้กระบวนการทางสมอง

จอห์น พี เดอ เซคโค (De Cecco 1968 : 388) กล่าวว่า "มโนทัศน์เป็นกลุ่มของเหตุการณ์ หรือสิ่งเร้าที่มีลักษณะบางประการหรือหลายประการร่วมกันอยู่ สิ่งเร้าเหล่านั้นอาจเป็นวัตถุ สิ่งของ สิ่งมีชีวิต ตลอดจนสภาพดินฟ้าอากาศและอื่น ๆ ตัวอย่างมโนทัศน์เช่น มนุษย์ คนสวย เป็นต้น"

ฟรีเดอริก เจ แมคโดแนล (McDonald 1959 : 134) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ว่า

มโนทัศน์เป็นกลุ่มของสิ่งเร้าหรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะจำเพาะร่วมกัน มโนทัศน์ไม่ใช่เหตุการณ์ในตัวมันเอง และไม่ใช้ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับเหตุการณ์และสิ่งเร้า แต่เป็นการจัดประเภทของสิ่งเร้าต่าง ๆ และเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยใช้ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งนั้น ๆ มาแยกแยะ และสรุปความคิดขั้นสุดท้ายของคนที่มีต่อสิ่งนั้น

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 28) ให้คำจำกัดความของมโนทัศน์ว่า "มโนทัศน์หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใด เรื่องหนึ่งอันอาจจะเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง"

สุวัฒน์ มุทเมธา (2523 : 54) ได้สรุปความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า "มโนทัศน์เป็นการจัดลักษณะที่เหมือน ๆ กันของประสบการณ์เข้าด้วยกันอย่างมีระบบขึ้นเป็นหน่วยความคิดเป็นประเภท หมู่ กลุ่มของสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้น มโนทัศน์จึงมีลักษณะเป็นนามธรรมสื่อสารทำความเข้าใจกันได้โดยทางภาษา"

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์ (2523 : 7) กล่าวว่า

มโนทัศน์คือการสรุปความคิดของคน เป็นผลจากการรับรู้ของคนที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องราวที่เกิดขึ้นกับคนในธรรมชาติและสังคม เป็นความคิดหลายชั้นหลายระดับ นับแต่เรื่องง่าย ๆ ธรรมดาไปสู่ความคิดที่ยุ่งยากซับซ้อน มีลักษณะเป็นนามธรรมที่คนรับรู้จากประสาทสัมผัสสกลาย เป็นประสบการณ์ที่คนแปลความหมายแทนไว้อีกต่อหนึ่ง การสรุปความคิดนี้ อาจหมายถึงความสามารถในการจำกัดความ อธิบายลักษณะ บอกความแตกต่าง จัดหมวดหมู่หรือแยกประเภทหรือบอกลักษณะโดยทั่วไปเหล่านี้ เป็นต้น

อาคม จันทสุนทร (2522 : 47) เป็นอีกผู้หนึ่งที่ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า "มโนทัศน์คือความคิดความเข้าใจที่สรุปรวมเกี่ยวกับสิ่งหนึ่งสิ่งใด หรือเรื่องหนึ่ง เรื่องใดอันเกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วได้ใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาจัดเป็นพวกให้เกิดความคิดความเข้าใจโดยสรุปรวมในสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น"

จากที่เสนอมาทั้งหมดข้างต้นจะเห็นได้ว่าได้มีนักการศึกษา ให้ความหมายของคำว่ามโนทัศน์ไว้มากมาย ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า มโนทัศน์หมายถึงความคิดความเข้าใจขึ้น

สุดท้ายของคนที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วนำมาประมวลเป็นข้อสรุป อธิบายลักษณะ บอกความแตกต่างและจัดจำแนกสิ่งนั้น เป็นหมวดหมู่ได้

#### ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

อี แอล คลอปเฟอร์ (Klopfers 1971 : 566) กล่าวว่า "มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงสิ่งที่เป็นนามธรรมอัน เป็นผลที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่า มโนทัศน์นั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ"

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 29-30) ได้เสนอความเห็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกันไปอย่างลึกซึ้งตลอดเวลา มโนทัศน์หนึ่งอาจจะเกิดจากการนำเอามโนทัศน์หลาย ๆ มโนทัศน์มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล นอกจากนั้นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากข้อเท็จจริงที่เน้นหนักในเชิงปริมาณ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด ... จึงเห็นได้ว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นสากล ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับพื้นฐานทางสังคมและวัฒนธรรมเป็นส่วนน้อย มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียนและความรู้ในระดับสูงอย่างแจ่มแจ้ง... ยิ่งกว่านั้นมโนทัศน์เกี่ยวกับที่เป็นเหตุผลซึ่งกันและกันจะช่วยให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้

มังกร ทองสุคติ (2523 : 2) ให้ความหมายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หมายถึงระบบสังเคราะห์หรือความสัมพันธ์ตามเหตุผลหรือความคิดสำคัญซึ่งรวมข้อเท็จจริงและหลักเกณฑ์ของแต่ละบุคคลว่าเข้าใจความสัมพันธ์ในวัตถุหรือสัญลักษณ์หรือสถานการณ์มากน้อยเพียงใด ... มโนทัศน์จึงเป็นสิ่งที่ปรุงแต่งขึ้นมาโดยอาศัยเหตุผล และทำให้ข้อเท็จจริงมีความหมายที่จะช่วยให้เกิดประโยชน์ในการคิดขั้นต่อไป

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะมีความหมายคล้ายคลึงกับคำว่ามโนทัศน์แต่เน้นในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ จึงอาจสรุปความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์ ข้อเท็จจริง หลักการในทางวิทยาศาสตร์ และนำมโนทัศน์เหล่านั้นมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล

### ประเภทของมโนทัศน์

ในการจำแนกมโนทัศน์จะมีลักษณะเหมือนการจำแนกสิ่งอื่น ๆ ทั่ว ๆ ไป กล่าวคือผู้จำแนกสามารถกำหนดเกณฑ์ในการจำแนกต่าง ๆ กันตามความสนใจ ดังนั้นเราจะพบว่ามโนทัศน์จำแนกได้มากมายหลายประเภทแล้วแต่จะใช้เกณฑ์ใดในการจำแนก จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่านักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ไว้ต่าง ๆ กันดังนี้

เจ. เอส. บรุนเนอร์ (Bruner 1957 : 41-42) และ จอห์น ที. เดอ เซคโค (De Cecco 1968 : 390-391) ได้จำแนกมโนทัศน์ไว้เหมือนกันคือมีการแบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภทโดยสรุปได้ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน (conjunctive concept) หมายถึงมโนทัศน์ที่เกิดจากลักษณะเฉพาะตั้งแต่สองลักษณะขึ้นไปมารวมกันอยู่ครบถ้วนซึ่งจะทำให้ทราบว่า เป็นมโนทัศน์ของอะไร เช่น สุนัข จะมีลักษณะเฉพาะของ สี ขนาด รูปร่าง ผิว และพฤติกรรมแตกต่างจากสัตว์ประเภทอื่น ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นสุนัขพันธุ์เกรทเดนสีน้ำตาลอ่อนหรือสุนัขพันธุ์บูลด็อกตัวเล็ก ๆ สีขาว เราก็ยังสามารถบอกได้ว่าเป็นสุนัข มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นมโนทัศน์พื้นฐานที่ใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวัน และเป็นมโนทัศน์ที่สอนให้เกิดการเรียนรู้ง่ายที่สุด

2. มโนทัศน์แยกลักษณะ (disjunctive concept) หมายถึงมโนทัศน์ที่มีลักษณะเฉพาะของลักษณะทั่วไปอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างปรากฏอยู่ เช่น มโนทัศน์ของรูปสองรูปและวงกลมสองวง จะมีลักษณะทั่วไปคือรูปร่างและจำนวน และมีลักษณะเฉพาะในเรื่องจำนวนสองจำนวนปรากฏอยู่เหมือนกัน แต่มีลักษณะเฉพาะของรูปร่างแตกต่างกัน

3. มโนทัศน์ที่มีลักษณะสัมพันธ์กัน (relational concept) หมายถึงมโนทัศน์ที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทั่วไปของมโนทัศน์หรือของเหตุการณ์ สภาวะหรือสิ่งเร้าตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป เช่น มโนทัศน์ของระยะทางเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างจุดสองจุดซึ่งหมายถึงการแยกออกจากกันของจุดสองจุด หรือความสัมพันธ์ระหว่างภาษีเงินได้กับระดับรายได้

เควิต เอส รัสเซล (Russell 1956 : 124-125) ได้จำแนกมโนทัศน์ออกเป็น

8. ประเภทคือ

1. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (mathematical concept) คือมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับจำนวนและการวัด
2. มโนทัศน์เกี่ยวกับเวลา (concept of time) เป็นมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ในเรื่องมิติ (concept of space) แต่มโนทัศน์เรื่องเวลาเป็นนามธรรมมากกว่า ตัวอย่างของมโนทัศน์เรื่องเวลา เช่น กลางวัน กลางคืน เช้า บ่าย เย็น และฤดูกาลต่าง ๆ
3. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific concept) เป็นมโนทัศน์ที่ประกอบด้วยมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ มโนทัศน์ในเรื่องเวลาและมโนทัศน์ในเรื่องมิติมาเกี่ยวข้องกัน
4. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับตัวเอง (self concept) เป็นความรู้สึกของบุคคลหนึ่ง ๆ ที่มีต่อตนเองว่า เขาคือใคร เป็นอะไร และเป็นอย่างไร
5. มโนทัศน์ทางสังคม (social concept) เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ชุมชน ประชาธิปไตย ศิลธรรมและพฤติกรรมต่าง ๆ
6. มโนทัศน์ทางสุนทรียภาพ (aesthetic concept) เป็นมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กับมโนทัศน์เกี่ยวกับความสวยงาม มโนทัศน์นี้ขึ้นอยู่กับมโนทัศน์ทางสังคม ตัวอย่างของมโนทัศน์ทางสุนทรียภาพ เช่น สุนทรียภาพในการเขียน ทางดนตรี เป็นต้น
7. มโนทัศน์เกี่ยวกับความขบขัน (humour concept) เป็นมโนทัศน์ที่ขึ้นอยู่กับสังคมนั้น ๆ บางสิ่งเป็นสิ่งที่ขบขันในสังคมหนึ่งแต่อาจเป็นสิ่งไม่ขบขันในอีกสังคมหนึ่ง
8. มโนทัศน์ในเรื่องอื่น ๆ (miscellaneous concept) เช่น เรื่องเกี่ยวกับความตาย เพศ สงคราม เป็นต้น

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา (2531 : 3-4) ได้ใช้เกณฑ์ต่าง ๆ จำแนกมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภทคือ (1) จำแนกตามลักษณะมโนทัศน์ (2) จำแนกตามการตีความหมาย และ (3) จำแนกตามระดับความซับซ้อนของมโนทัศน์ ซึ่งกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

### 1. การจำแนกมโนทัศน์ตามลักษณะมีอยู่ 3 แบบคือ

#### 1.1 มโนทัศน์ เน้นลักษณะรวมกัน (conjunctive concepts) คือ

มโนทัศน์ที่อาศัยลักษณะต่าง ๆ ที่เหมาะสมมารวมกันอยู่ครบถ้วนทั้งในรูปของจำนวนและค่าของมัน นับเป็นมโนทัศน์พื้นฐานที่ใช้กันทั่วไป เช่น แว่นตา ปากกา สุนัข ฯลฯ และลักษณะรวมกัน เป็นมโนทัศน์อย่างใดอย่างหนึ่งนี้ทำให้มโนทัศน์ของอย่างหนึ่งแตกต่างจากอีกอย่างหนึ่ง

#### 1.2 มโนทัศน์แบบ เน้นลักษณะประกอบกัน (disjunctive concepts)

ได้แก่ มโนทัศน์ที่ต้องมีลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งหรืออย่างอื่นสองอย่างหรือหลายอย่างประกอบกัน เช่น วงกลมสีแดงหรือ/และสีเขียว ซึ่งแสดงว่าต้องมีลักษณะรูปร่างวงกลม เป็นพื้นฐานอยู่ ส่วนสีนั้นอาจ เป็นสีแดงหนึ่งหรือทั้งสองสีก็ได้

#### 1.3 มโนทัศน์แบบ เน้นลักษณะสัมพันธ์ (relational concepts) คือ

มโนทัศน์ที่ไม่ เน้นลักษณะร่วมกันหรือประกอบกัน แต่เน้นความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ เช่น ระยะทาง ทิศทาง ความเร็ว เวลา เป็นต้น

### 2. มโนทัศน์ตามแบบการตีความหมาย การตีความหมายอาจเกิดขึ้นได้จากทั้ง

ประสบการณ์ส่วนตัวบุคคล หรือจากการใช้เกณฑ์กลางคือความคิดเห็นของคนจำนวนมากที่ประเมินไว้ร่วมกัน โดยที่การตีความหมายอาจทำได้ใน 3 ลักษณะคือ

#### 2.1 ตามประโยชน์การใช้สอย (functional concepts.)

#### 2.2 ตามโครงสร้างของมโนทัศน์ (structural concepts) เช่น รูป

สามเหลี่ยมด้านเท่า คือรูปที่มีเส้นตรง 3 เส้นที่มีความยาวเท่ากันมาบรรจบกัน

#### 2.3 ตามลักษณะหรือพฤติกรรมที่อธิบายได้ (descriptive or

behavioral concepts) เช่น ช่างกล คือผู้ที่ทำงานด้านเครื่องยนต์กลไก เป็นต้น

### 3. ระดับความซับซ้อนของมโนทัศน์ (degree of complexity) หมายถึง ความ

มีลักษณะเป็นเชิงรูปธรรมหรือนามธรรมมากน้อยของมโนทัศน์ต่าง ๆ

บุญเสริม อุทธาริมย์ (2523 : 9-10) ได้แบ่งมโนทัศน์เป็น 3 ประเภท ซึ่งสรุปได้ดังนี้

#### 1. มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน เป็นมโนทัศน์ที่มีคุณลักษณะร่วมกันหลายอย่าง เช่น

สุนัข แม้ว่าจะมีอยู่หลายพันธุ์ เช่น อัลเซเชียน โดเบอร์แมน จิ้งจอก หมาใน ฯลฯ แม้ว่าคุณค่าจะผิดแผกแตกต่างกัน แต่ก็มียุคุณลักษณะหลายอย่างร่วมกันซึ่งสามารถบอกให้ทราบว่าเป็นสุนัข

2. มโนทัศน์ที่เป็นเชิงสัมพันธ์ เป็นมโนทัศน์ที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกหรือ ส่วนของกลุ่มมาพิจารณาคุณลักษณะ หรือคุณค่าที่แตกต่างกันแต่สมาชิกหรือส่วนประกอบมีความสัมพันธ์กันในบางลักษณะ เช่น การจัดกลุ่มคนที่มี อายุ เพศ และวัยต่างกันเข้าด้วยกัน เพราะ บุคคลเหล่านี้ปฏิบัติกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งร่วมกัน

3. มโนทัศน์ที่เป็นเชิงวิเคราะห์ เป็นมโนทัศน์ที่อยู่บนพื้นฐานของคุณลักษณะที่สังเกตได้จากส่วนของวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวแต่ละอย่างภายในกลุ่มซึ่งละเอียดซับซ้อนกว่ามโนทัศน์ 2 ประเภทแรก เช่น จัดกลุ่มสัตว์สี่เท้าเข้าด้วยกันเพราะดูจำนวนขาหรือเท้า

ส่วนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถจำแนกได้หลายประเภทเช่นเดียวกับการ จำแนกมโนทัศน์โดยทั่ว ๆ ไป ดังนี้

อาร์ บี ซันด์และ เอล ดันเบิลยู ไทบริดจ์ (Sund and Trowbridge 1973 : 20) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทซึ่งมีเนื้อหาโดยสรุปดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) เป็นมโนทัศน์ที่พัฒนาจากการ รับรู้จากวัตถุที่เป็นรูปธรรมไปสู่ความเป็นนามธรรม เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับแม่เหล็ก เสน่ห์ โลหะ หิน เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงกระบวนการเคลื่อนที่ (dynamic process concepts) เป็น มโนทัศน์ที่พัฒนาจากกระบวนการที่มีการเคลื่อนที่ของสิ่งของต่าง ๆ เช่น การออสโมซิส ความเร่ง การสังเคราะห์แสง เป็นต้น

เอ อี ลอสัน (Lawson : no date) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทโดยสรุปดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ให้ความหมาย ขยายความและอธิบายลักษณะในรูปแบบที่สามารถรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส เรียนรู้ด้วยประสบการณ์ ตรงที่จัดเป็นรูปธรรม

2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม (formal concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ให้ความหมาย ขยายความ และอธิบายลักษณะที่ต้องอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับ กฎ หลักการ ทฤษฎีต่าง ๆ การ วิจัย (inference) การสันนิษฐานจากหลักฐาน (postulated) รูปแบบจำลองใน

จินตนาการ มโนภาพและมโนทัศน์อื่น ๆ มาประกอบ เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับความหนาแน่น ต้องอาศัยความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างมวลและปริมาตรในลักษณะที่เป็นอัตราส่วน เป็นต้น

ปรีชา วงศ์ศิริ (2525 : 247-248) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการกำหนดสมบัติร่วมของสิ่งต่าง ๆ ไว้เป็นพวก ๆ เพื่อใช้ในการบรรยายถึงสิ่งนั้น ๆ ให้เข้าใจตรงกัน เช่น น้ำทะเลเป็นน้ำกระด้าง สสารคือสิ่งที่มีมวลและต้องการที่อยู่
2. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ย่อยที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งช่วยให้สามารถพยากรณ์ หรือคาดคะเนล่วงหน้าในเหตุการณ์นั้น เช่น แรงแม่เหล็กคืออำนาจที่ผลักหรือดึงวัตถุให้เกิดการเคลื่อนที่ สสารอาจเปลี่ยนสถานะได้โดยการเพิ่มหรือลดพลังงาน
3. มโนทัศน์ทางทฤษฎี มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการกำหนดสิ่งที่มองไม่เห็น แต่รู้ว่าสิ่งนั้นมีอยู่จริง เพราะมีหลักฐานสนับสนุนว่าเป็นจริง มโนทัศน์ประเภทนี้นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นโดยอาศัยจินตนาการ หรือนิยามภาพขึ้นในสมอง เพื่อกำหนดลักษณะของสิ่งนั้น เช่น แสง เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อะตอมคืออนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุซึ่งประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน

จากที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นจะพบว่าไม่ว่าจะเป็นการจำแนกมโนทัศน์โดยทั่วไปหรือการจำแนกมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เราสามารถจำแนกมโนทัศน์ออกเป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ และเกณฑ์ที่นิยมใช้ในการจำแนกมโนทัศน์มีอยู่ 3 ประเภทคือ (1) การจำแนกตามการตีความหมายของแต่ละบุคคลซึ่งเป็นการจำแนกตามหลักจิตวิทยาซึ่งแต่ละคนจะมีมโนทัศน์ต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดแตกต่างกัน (2) การจำแนกตามสมบัติเฉพาะโดยจำแนกจากสมบัติเฉพาะที่สังเกตได้ตามธรรมชาติ จำแนกตามหน้าที่หรือบทบาท หรือจำแนกตามสมบัติที่มนุษย์คิดขึ้น เช่น จำนวนตัวเลข (3) การจำแนกตามลักษณะที่เป็นนามธรรมไปถึงรูปธรรมซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้กันมากในการจำแนกมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์



### การสร้างมโนทัศน์

สุวัฒน์ มุทเมธา (2523 : 54) กล่าวว่า

การสร้างความคิดรวบยอด เป็นคุณสมบัติพิเศษสำคัญยิ่งของมนุษย์ ถ้ามนุษย์ไม่สามารถที่จะจัดรวบรวมประสบการณ์ของคนอื่น เป็นความคิดรวบยอดและสื่อความหมายกันทางภาษาได้แล้ว มนุษย์จะประสบปัญหายุ่งยากเป็นอันมาก ...มนุษย์จะต้องจดจำทุกสิ่งทุกอย่างอย่างแต่ละสิ่งแต่ละอย่างไป ...มนุษย์ไม่สามารถที่จะรวบรวมเข้าห่มุมเป็นประเภทได้ ไม่สามารถสร้างหลักการต่าง ๆ ขึ้นมาได้...

การสร้างมโนทัศน์แต่ละมโนทัศน์ได้ในแต่ละคนนั้นจะต้องประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ หลายขั้นตอน และขั้นตอนทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างมโนทัศน์เรียกว่า กระบวนการสร้างมโนทัศน์ ซึ่งได้ผู้เสนอความคิดเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนทัศน์ทั้งที่แนวความคิดที่คล้ายคลึงกันและแตกต่างกันดังนี้

เฮช แอล เคลาส์ไมเออร์และคณะ (Klausmier et al.1974 อ้างใน ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา 2531 : 5) ได้ทำการวิจัยได้ผลว่า

การเรียนรู้มโนทัศน์ขึ้นอยู่กับพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนและอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมของการเรียนการสอน โดยพัฒนาการของการเรียนรู้มโนทัศน์แบ่งได้เป็น 4 ระดับดังนี้

1. ขั้นที่ผู้เรียนจำวัตถุ สิ่งต่าง ๆ และนึกชื่อสิ่งนั้นได้
2. ขั้นที่ผู้เรียนจำสิ่งหนึ่งสิ่งใดในสภาพการณ์และเวลาที่ต่างกันได้ สามารถสรุปความคล้ายคลึงและแผ่ขยายมโนทัศน์ที่มีอยู่ได้ เช่น สุนัขขอมเป็นสุนัขเสมอไม่ว่าจะอยู่ที่ใด เวลาใด
3. ขั้นที่ผู้เรียนสามารถจัดประเภทสิ่งที่มีลักษณะร่วมเข้าไว้ในกลุ่มเดียวกันได้
4. ขั้นสุดท้ายเป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถให้ชื่อมโนทัศน์อธิบายความหมาย จำแนกความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ต่าง ๆ ได้ เป็นระดับที่มีการเรียนรู้มโนทัศน์อย่างสมบูรณ์

เดวิด พี ออซูเบล (Ausubel 1968 : 517) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นในการสร้างมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

1. วิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของสิ่งเร้า
2. สร้างสมมติฐานเกี่ยวกับลักษณะร่วมของสิ่งเร้า

3. ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง
4. เลือกสมมติฐานที่สามารถครอบคลุมสิ่งเร้าที่มีลักษณะบางประการเหมือนกัน
5. นำลักษณะเฉพาะของสิ่งเร้าที่คิดไว้จากสมมติฐานมาสัมพันธ์กับโครงสร้างความคิดที่มีอยู่เดิมของคุณ
6. แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ที่ได้ใหม่กับมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิม เพื่อหาความสัมพันธ์กัน
7. สรุปความหมายของมโนทัศน์ที่รับมาใหม่ให้ครอบคลุมไปยังสมาชิกทุก ๆ หน่วยในกลุ่ม
8. คิดหาสัญลักษณ์ทางภาษาที่เหมาะสมมาใช้เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ที่รับมาใหม่

เค โลเวล (Lovell 1966 : 12-13) ได้เสนอความเห็นเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

กระบวนการสร้างมโนทัศน์ประกอบด้วย 3 กระบวนการคือ

1. กระบวนการรับรู้ (perception)
2. การย่นย่อ (abstraction)
3. การสรุปครอบคลุม (generalization)

ในกระบวนการทั้งสามกระบวนการ กระบวนการย่นย่อเป็นจุดสำคัญของการสร้างมโนทัศน์ซึ่งได้แก่การที่เด็กสามารถวิเคราะห์ลักษณะเด่นซึ่งเป็นลักษณะที่ร่วมกันของวัตถุหรือเหตุการณ์ในสิ่งแวดล้อมนั้น การสร้างมโนทัศน์ของเด็กจะเกิดขึ้นได้เมื่อเด็กสามารถแยกแยะ (discrimination) สมบัติของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จากนั้นสามารถสรุปครอบคลุมออกไปในลักษณะที่ร่วมกันของสิ่งที่ค้นพบได้

เจ เพียเจต์ (Piaget 1958 อ้างใน เบญจวรรณ รอดแก้ว 2524 : 10-11)

ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างมโนทัศน์ไว้ว่า

โครงสร้างของสติปัญญาของมนุษย์ประกอบด้วย

1. โครงสร้าง (schema)
2. กระบวนการปรับเข้าโครงสร้าง (assimilation)
3. กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (accommodation)
4. สภาวะสมดุล (equilibrium)

ในโครงสร้างทางสติปัญญาทั้ง 4 อย่างนี้ โครงสร้างที่มีความสำคัญต่อการสร้างมโนทัศน์คือ กระบวนการปรับเข้าโครงสร้างและกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง กระบวนการปรับเข้าโครงสร้างประกอบด้วยความสามารถในการจำแนก (discrimination) และความสามารถในการสรุปครอบคลุม (generalization)



ส่วนการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 31) กล่าวว่า

รูปแบบการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นี้ก็ เช่นเดียวกับการสร้างมโนทัศน์ทั่วไป การสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เพราะการเรียนรู้จะเริ่มต้นจากการสัมผัส รับรู้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นเบื้องต้น และเมื่อได้รับรู้จากสิ่งที่มีลักษณะร่วมกันมีความสัมพันธ์กันเพิ่มขึ้นหลาย ๆ ครั้ง นักเรียนก็จะสามารถนำมาสรุปเป็นมโนทัศน์เมื่อนักเรียนเรียนรู้มากขึ้น สะสมมโนทัศน์ไว้มากขึ้นก็จะทำให้นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ที่สรุปรวมไว้นั้นไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนขั้นสูงและสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น

ถึงแม้ว่าจะมีผู้เสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้หลายท่าน แต่จะพบว่าโดยทั่วไปขั้นตอนในการสร้างมโนทัศน์คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ การสร้างมโนทัศน์จะเริ่มจากการรับรู้ การจำ การคิดหาเหตุผล การจัดระเบียบความคิดให้เป็นหมวดหมู่ ตลอดจนการค้นพบลักษณะร่วมของสิ่งต่าง ๆ แล้วนำลักษณะที่ค้นพบได้นั้นมาสัมพันธ์กับความคิดของตน และนำผลที่ได้สรุปครอบคลุมถึงสมาชิกทุกสมาชิกในมโนทัศน์นั้น

#### การสอน เพื่อให้เกิดมโนทัศน์

การสอนมโนทัศน์ก็ เช่นเดียวกับการสอนทั่วไป กล่าวคือผู้สอนมีจุดประสงค์ให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียน แต่การที่จะสอนมโนทัศน์ให้ประสบผลสำเร็จได้นั้นย่อมต้องมีวิธีการสอนที่แตกต่างจากวิธีการสอนในเรื่องอื่น ๆ ซึ่งได้มีนักการศึกษาหลายท่านเสนอข้อคิดเห็นเกี่ยวกับหลักการสอนให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ตามที่ต้องการไว้ดังนี้

อาร์ ดี เทนนิสัน และ โอ พาร์ค (Tennyson and Park 1980 : 55) ได้รวบรวมผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนมโนทัศน์ในห้องเรียน และสรุปหลักเกณฑ์ในการสอนมโนทัศน์ไว้ 4 ประการคือ

1. โครงสร้างเนื้อหาที่เรียนควรมีความแน่นอน
2. นิยามของมโนทัศน์ควรรวมลักษณะเด่น และตัวอย่างที่ให้ควรมีทั้งลักษณะเด่น และลักษณะปลีกย่อยของมโนทัศน์
3. การเสนอตัวอย่างควรคละกันไปทั้งลักษณะเด่นและลักษณะปลีกย่อยของมโนทัศน์

4. กลุ่มตัวอย่างที่ยกมาควรคำนึงถึงขอบเขตการกระจายของตัวอย่าง และระดับความยากของตัวอย่างในเรื่องนั้น ๆ และควรคำนึงถึงการปรับพื้นความรู้ของผู้เรียนขณะเรียน

จอห์น พี เดอ เซคโค (De Cecco 1968 : 402-416) .เสนอแนะวิธีการสอนให้เกิดมโนทัศน์ไว้ทั้งหมด 9 ขั้นตอน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. กำหนดพฤติกรรมที่คาดหวังให้ชัดเจนว่า หลังจากเรียนมโนทัศน์นั้นแล้ว นักเรียนจะทำอะไรได้บ้าง
2. วิเคราะห์มโนทัศน์ที่จะให้เรียนว่าประกอบด้วยลักษณะเด่น ๆ อะไรบ้าง แล้วครูควรเลือกเน้นเฉพาะลักษณะที่สำคัญและจำเป็นในการสร้างมโนทัศน์นั้น ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ได้ง่ายขึ้น
3. การใช้ภาษาในการสอน ครูควรใช้ภาษาที่ทำให้นักเรียนเข้าใจง่ายและเข้าใจความหมายอย่างถูกต้อง
4. ครูควรแสดงตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบของมโนทัศน์ที่ต้องการสอนให้นักเรียนได้สังเกตและศึกษา โดยตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบจะต้องมีมากเพียงพอที่จะทำให้นักเรียนสรุปลักษณะร่วมของมโนทัศน์นั้นและจำแนกลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์นั้นออกไป
5. การแสดงตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบ ควรแสดงตัวอย่างทางลบทันทีหลังจากแสดงตัวอย่างทางบวกแล้ว หรือแสดงพร้อม ๆ กันทั้งตัวอย่างทางบวกและทางลบ
6. ครูเสนอตัวอย่างทางบวกใหม่ของมโนทัศน์ที่ต้องการสอนให้นักเรียนพิจารณาเพื่อต้องการให้นักเรียนสามารถสรุปความคิดทั่วไปและตอบสนองต่อสิ่งเร้าใหม่
7. ครูนำตัวอย่างใหม่ทั้งทางบวกและทางลบหลาย ๆ ตัวอย่างมาให้นักเรียนพิจารณาเพื่อทดสอบให้นักเรียนบอกมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นการประเมินผลมโนทัศน์ของนักเรียน
8. ครูให้นักเรียนให้ความหมายหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับมโนทัศน์นั้น เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน
9. ครูให้นักเรียนลองใช้มโนทัศน์ที่เรียนมาแล้วและเสริมกำลังใจในการที่นักเรียนได้ใช้มโนทัศน์นั้น ๆ

โรเบิร์ต เอ็ม ดับเบิลยู ทราเวอร์ส (Travers 1967 : 142) เสนอความคิดเกี่ยวกับการสอนมโนทัศน์ไว้ว่า

ผู้เรียนจะเกิดการ เรียนรู้อย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการสอนของครู วิธีสอนบางอย่าง อาจจะต้องการผู้เรียนที่มีความสามารถมากกว่าอีกวิธีหนึ่ง ดังนั้นในการสอนมโนทัศน์ ครูจะต้องรู้จักนำวิธีสอนไปใช้เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน ถ้าครูใช้ วิธีสอนที่ซับซ้อนทั้งในด้านการเสนอตัวอย่างและอธิบาย จะทำให้ผู้เรียนที่ไม่ค่อยฉลาด นักเกิดความยุ่งยากในการเรียนรู้ วิธีสอนที่เหมาะสมสำหรับเด็กที่มีความสามารถจำกัด ครูจะต้องใช้วิธีที่ง่ายและตรงไปตรงมา

ส่วนการสอนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้นทั้ง จอห์น เอคเวิร์ด กาโรน และ ริชาร์ด เจ ซุกแมน (Garone and Suchman quoted in Sax 1969 : 201) ได้เสนอความเห็น สอดคล้องกันซึ่งสามารถสรุปได้ว่า การสอนมโนทัศน์ ทางวิทยาศาสตร์โดยการสร้างสถานการณ์ ที่เป็นปัญหาหรือวิธีการแก้ปัญหาเป็นวิธีการที่สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดี ทำให้ นักเรียนได้ฝึกการถามที่เข้าประเด็นซึ่งจะเป็นการพัฒนาความคิดและสร้างความเข้าใจแก่นักเรียน

พนัส หันนาคินทร์ (2526 : 99-100) ได้กล่าวถึงการสอนมโนทัศน์ไว้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. จัดหาประสบการณ์ที่เป็นจริง การอธิบายมโนทัศน์จะชัดเจนหากว่าการอธิบาย นั้นสัมพันธ์กับสิ่งที่เข้าใจอยู่ก่อนแล้ว โดยเฉพาะหากเป็นสิ่งที่มีลักษณะ เป็นของจริงหรือ ประสบการณ์จริง ในกรณีเช่นนี้การหาอุปกรณ์การสอนที่ตรงกับเรื่อง จะช่วยให้เกิด ความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดีขึ้น
2. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่าง ๆ โดยชัดเจน ประสบการณ์ที่เป็นจริงสิ่งจำเป็นในการสร้าง มโนทัศน์ใหม่แก่นักเรียนประสบการณ์ที่แสดงออกมาอย่างชัดเจนนั้นย่อมจะสร้างมโนทัศน์ ที่ถูกต้องและชัดเจน สิ่งหนึ่งที่จะช่วยได้มากก็คือการพยายามให้นักเรียนแสดงมโนทัศน์ ออกมาด้วยตนเอง
3. การให้คำอธิบายอย่างแจ่มแจ้ง ในการอธิบายครูจะต้องพยายามให้หลักการ ที่ได้ผลในการติดต่อสื่อสารความคิด เช่น ใช้คำพูดที่นักเรียนคุ้นเคยใช้ประโยคง่าย ๆ เน้นจุดสำคัญด้วยการอธิบายซ้ำ ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของ เรื่องย่อยที่มีอยู่ใน เรื่องใหญ่ และใช้คำถามนำใน เรื่องที่เป็นหัวใจของ เรื่อง

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 31-32) ได้เสนอหลักการสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. ใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับบทเรียน และวุฒิภาวะของนักเรียนเพราะอุปกรณ์ ที่เหมาะสมกับบทเรียนจะทำให้เนื้อหาที่ยากกลับง่ายขึ้น ทำให้บทเรียนที่ซับซ้อนชัดเจน

ขึ้น ซึ่งการเลือกใช้อุปกรณ์นั้นครูจะเป็นผู้พิจารณาถึงความเหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียนเพียงใด

2. การจัดประสบการณ์ตรงให้นักเรียน ให้ได้สัมผัสของจริงให้มากที่สุดเท่าที่โอกาสจะอำนวย แต่การนำประสบการณ์ตรงมาใช้ในการสอนก็สามารถทำให้นักเรียนเกิดความสัมพันธ์ทางความคิดด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ขึ้นมาด้วยตนเองได้

3. ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนส่งเสริมให้รู้จักคิดหาเหตุผล รู้จักสังเกต และรู้จักจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ ออกมาให้เห็นเด่นชัด จะทำให้เขามีความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นอันจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ต่อไป

4. เลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียนในการสอนสิ่งใดก็ตามครูจะต้องเป็นผู้พิจารณาเลือกวิธีสอนและจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้นักเรียน วิธีสอนบางวิธี เช่น วิธีสอนแบบบรรยาย ควรนำมาใช้น้อยที่สุด เพราะการสอนวิธีนี้จะทำให้นักเรียนเกิดมโนภาพที่จะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์อย่างผิด ๆ ได้ง่าย

นอกจากนั้นการสร้างมโนทัศน์ ครูควรคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวนักเรียนเสียก่อน ปัจจัยที่สำคัญดังกล่าวได้แก่

1. ความพร้อมของนักเรียนทั้งทางกาย ใจ และสติปัญญา
2. ประสบการณ์เดิมของนักเรียน ประสบการณ์และมโนทัศน์ที่นักเรียนมีอยู่เดิมจะเป็นพื้นฐานในการที่จะทำให้เกิดมโนทัศน์ในระดับต่อไป ดังนั้นการที่นักเรียนมีประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ มาก่อนด้วยปริมาณที่มากพอ จะเป็นเครื่องช่วยให้เกิดมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น
3. แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ซึ่งอาจจะ เป็นแรงกระตุ้นที่เกิดจากความต้องการในการเรียนรู้ของนักเรียนเอง หรืออาจเป็นแรงกระตุ้นที่มีผลเนื่องมาจากเหตุผลทางจิตวิทยา เช่น การฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ การเรียนสิ่งที่ใกล้เคียง จากสิ่งง่ายไปหาสิ่งที่ยากหรือ การเรียนในสิ่งที่นักเรียนสนใจเหล่านี้จะเป็นแรงกระตุ้นที่ช่วยส่งเสริมการเกิดมโนทัศน์ของผู้เรียน

จากการที่ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อ เสนอและความคิดเห็นของนักการศึกษาทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศเกี่ยวกับการสอนมโนทัศน์ พอจะสรุปได้ว่า การสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ในเรื่องใดก็ตามจะประสบผลสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับ ความพร้อมของนักเรียน วิธีการสอนของครู ตลอดจนการใช้สื่อการเรียนการสอนอย่างเหมาะสม

### มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

#### ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

คำว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน เป็นคำว่าที่มาจากคำในภาษาอังกฤษว่า misconceptions ซึ่งในภาษาอังกฤษยังมีคำอื่นที่มีความหมายใกล้เคียงกัน เช่น

preconceptions, naive theories, alternative frameworks, alternative conceptions, erroneous idea และ children's science (Suwimon Kiokaew 1988 : 1 and Treagust 1989 : 301) และได้มีผู้ให้ความหมายของคำว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ดังนี้

เรย์มอน เอฟ เพทเทอร์สัน และ ดี เอฟ ทรีกัส (Peterson and Treagust 1989 : 301) กล่าวว่า "มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นมโนทัศน์ที่แตกต่างไปจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับและความมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์อันมีสาเหตุมาจากการสอน"

เจ เอช วันเดอร์ซี (Wandersee 1986 : 581) ให้ความเห็นว่า "มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากการตีความไปในความหมายที่ไม่ได้รับการยอมรับซึ่งบางครั้งการตีความนั้นไม่ถึงกับผิด"

ไอ เอ ฮอลลอน และ ดี เฮสเทนส์ (Halloun and Hestenes 1985 : 1058) ให้ความหมายมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า "เป็นความรู้ที่ได้มาจากประสบการณ์ส่วนตัวของแต่ละคนซึ่งไปด้วยกันไม่ได้กับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์"

เอส รอน (Ron 1983 : 154) กล่าวว่า "มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหมายถึง โครงสร้างทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง"

เอ เพาเวล (Powell 1983 : 20) กล่าวถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า "เป็นความเข้าใจผิดอันมีพื้นฐานจากการให้ความหมายในสิ่งนั้น ๆ ไม่ถูกต้อง"

เฮลล์ม (Helm 1980 : 92) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ คล้ายคลึงกับคนอื่น ๆ ดังนี้ "มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหมายถึง ความคิดความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งแตกต่างไปจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับในทางวิทยาศาสตร์"

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์ (2523 : 10-11) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยสรุปว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นการสั่งสมหรือสรุปความคิดที่ผิดพลาด เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้เรื่องใหม่ ทำให้เกิดการเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่ซ้ำลงไม่บังเกิดผล



โสภณพรหม แสงศัพท์ (2518 : 12) กล่าวว่า "มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหมายถึง ความเชื่อและความเข้าใจที่ได้มาจากแนวความคิดหรือความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ความรู้ที่ไม่สมบูรณ์ คลุมเครือ"

สุชาติ โสมประยูร (2512 : 27) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยสรุปได้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นความเชื่อและความเข้าใจผิด เกิดจากแนวคิดซึ่งได้ มาจากประสบการณ์หรือความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ไม่มีเหตุผลเพียงพอและปราศจากพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของคำว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน เป็นความคิดความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง ไม่สมบูรณ์ คลุมเครือ และเป็นแนวคิดที่ ต่างไปจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับกันในสังคมนั้น ๆ

#### ลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

เด เอ็ม ฟิชเชอร์ (Fisher 1985 : 53-54) ได้กล่าวว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มักมีลักษณะดังนี้

1. เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปจากมโนทัศน์ของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ ในแขนงวิชานั้น ๆ
2. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพียง เรื่องเดียวหรือจำนวนหนึ่งจะขยายออกไปได้ เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลจำนวนมาก
3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะขยายวงกว้างออกไปจาก เรื่องที่ง่ายไปสู่เรื่องที่ยากขึ้น และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวนไม่น้อยที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลงแก้ไข หรือแก้ไขได้น้อยมากถ้าใช้วิธีการสอนแบบดั้งเดิม
4. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบาง เรื่องก็เกี่ยวข้องกับ ความเชื่ออื่น ๆ ซึ่งเกี่ยวโยง กันอย่างมีระบบ และทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ในชีวิตของเขาด้วย
5. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบาง เรื่องเป็นสิ่งที่ถ่ายทอดกันมาแต่อดีต จากผู้ที่ เป็นผู้นำทางความรู้ในแขนงวิชานั้น ๆ แล้วถูกถ่ายทอดมาสู่ นักเรียน

#### สาเหตุการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่านได้พยายามวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ นักเรียน เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ดังนี้

ดับเบิลยู ดับเบิลยู ซิมสัน และ ฮี เอ มาร์เรก (Simson and Marek 1988 : 362) กล่าวว่า "ประสบการณ์ในโรงเรียนไม่ใช่สาเหตุเดียวที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือเข้าใจผิด (misunderstanding) แต่อาจเกิดจากคำอธิบายของผู้ใหญ่ที่ขาดความเข้าใจในมโนทัศน์นั้นอย่างดีพอแล้วทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจผิดโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์"

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจากนักเรียนไม่สามารถได้รับประสบการณ์ตรงในเนื้อหาวิชานั้น แต่ต้องอาศัยจินตนาการทำให้นักเรียนอาจเกิดจินตนาการที่ผิดไปจากที่เป็นจริงได้ ดังเช่นที่ เค เอ็ม ฟิชเชอร์ (Fisher 1985 : 54) ได้กล่าวถึงการเรียนวิชาชีววิทยาไว้ว่า

นักเรียนมักจะมียุทธศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาชีววิทยาระดับโมเลกุล ทั้ง ๆ ที่การศึกษาปฏิบัติริยาต่าง ๆ ของโมเลกุลมีมานานแล้วก็ตาม แต่ปฏิบัติริยาของโมเลกุลส่วนใหญ่หรือทั้งหมดไม่สามารถสังเกตเห็นด้วยตาได้ ดังนั้นนักเรียนจึงไม่สามารถสร้างหรือสะสมประสบการณ์ได้ เนื่องจากไม่สามารถเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ ที่นักเรียนเคยมีประสบการณ์มาก่อนได้ ดังนั้นนักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยาจึงมักไม่เข้าใจในเรื่องนี้ และนำไปสู่การเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้

อาร์ ออสบอน และ ที เฟร์เบิร์ก (Osborne and Freyberg 1985 : 27) ได้วิเคราะห์ ได้ผลโดยสรุปว่า มโนทัศน์ที่เกิดขึ้นจริงในตัวนักเรียนจะแตกต่างจากมโนทัศน์ที่ครูต้องการให้นักเรียนมี เป็นเหตุให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกิดขึ้นซึ่งมโนทัศน์ที่นักเรียนมักจะเข้าใจคลาดเคลื่อนจากที่ครูต้องการได้แก่

1. มโนทัศน์ที่ได้จากตำราเรียน
2. มโนทัศน์ที่เกิดจากการแก้ปัญหาทางด้านวิทยาศาสตร์
3. มโนทัศน์ที่เกิดจากการทำกิจกรรม
4. มโนทัศน์ที่ได้จากการสรุปความรู้ต่าง ๆ

โอ เอ ฮอลลอน และ ดี เฮสเทนส์ (Halloun and Hestenes 1985 : 1056-1065) ได้ให้ความเห็นโดยสรุปเกี่ยวกับสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนคลาดเคลื่อนว่า บางครั้งการแปลความหมายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติตามความเชื่อของนักปราชญ์ในอดีต เป็นผลให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้น ๆ ได้ ซึ่งความคิดดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากผลการวิจัยของ เจ เอช วันเดอร์ซี (Wandersee 1986 : 581-597)

ที่พบว่า นักเรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษาระดับมัธยมศึกษา จนถึงระดับวิทยาลัยยังมีความเชื่ออย่างฝังใจ เช่นเดียวกับอริสโตเติลที่ว่า "ดินคืออาหารของพืช"

เอ แอล โพนส์ และ แอล เอช ที เวส (Pines and West 1983 : 47-51)

ได้แบ่งมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งเกิดจากสถานการณ์การเรียนรู้ที่ต่างกัน 3 แบบ โดยสรุปคือ

1. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอันเกิดจากสถานการณ์ที่ขัดแย้งกัน แบ่งตามขั้นตอนของการเกิดมโนทัศน์ได้ 3 ระยะคือ (1) ระยะของการรับรู้ (2) ระยะของการไม่สมดุล (3) ระยะจัดระบบใหม่ ในระยะของการรับรู้ ครูจะต้องจัดกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อชักนำให้สิ่งที่มีอยู่ในตัวนักเรียนให้ปรากฏออกมา ในระยะนี้นักเรียนจะทำความรู้ใหม่ ๆ ในขอบเขตของตน และเมื่อไม่พบสิ่งที่เขาพอใจ อาจก่อให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ เป็นหน้าที่ของครูที่จะต้องแก้ไขความคิดผิดที่เกิดขึ้น

2. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอันเกิดจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกัน เช่น การขยายคำไปสู่ความหมายใหม่ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหมายของคำ ซึ่งมีผลให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ เช่น ในเรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและอาหารของพืช นักเรียนมักจะนำคำว่าอาหารโดยทั่วไปเชื่อมโยงกับความหมายของคำว่า แหล่งอาหารของพืช ทำให้เกิดความสับสน และเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า อาหารของพืชมาจากการที่พืชดูดอาหารจากดิน

3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอันเกิดจากสถานการณ์ที่ให้ความรู้โดยสัญลักษณ์ นักเรียนไม่สามารถนำความรู้จากสัญลักษณ์มาสัมพันธ์กับความรู้ที่เกิดขึ้นจริงได้ เช่น การใช้สัญลักษณ์ในทางเคมี นักเรียนไม่สามารถมองเห็นภาพจริงของปฏิกิริยาเคมี

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon Kiokaew 1988 : 15-18) ได้สรุปถึงสาเหตุ

ของการเกิดมโนทัศน์ว่าน่าจะมีสาเหตุมาจาก 4 ประการคือ (1) คำราเรียน (2) การพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของนักเรียน (3) ภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร (4) ครู ซึ่งกล่าวถึงแต่ละสาเหตุโดยสรุปดังนี้

1. คำราเรียน เอช เจ ชมิคท์ (Schmidt 1987 : 396-404 quoted in Suwimon Kiokaew 1988 : 15) ได้วิเคราะห์หนังสือแบบเรียนวิชาเคมีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในประเทศสาธารณรัฐเยอรมันในด้านการนำเสนอโน้ตสึนเรื่องคำร้อยละของมวล พบว่าหนังสือไม่ได้ให้ความหมายของคำร้อยละโดยมวลอย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนบางคนไม่ได้สังเกตความแตกต่างระหว่างคำว่า อัตราส่วนโดยมวลกับคำว่าร้อยละโดยมวล ซึ่งมีผลให้นักเรียนคิดความหมายของคำว่าร้อยละโดยมวลขึ้นเองและมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้เกิดขึ้น

2. การพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของนักเรียน ในการที่นักเรียนจะศึกษามโนทัศน์ในบางเรื่องให้เข้าใจทั้งหมดจะต้องอาศัยวุฒิภาวะและการพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของนักเรียนด้วย เช่น จากการวิจัยของ เอช เจ ชมิคท์ (Schmidt 1987 : 396-404 quoted in Suwimon Kiokaew 1988 : 16) พบว่า ในการคำนวณเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์บางครั้งนักเรียนต้องใช้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสามตัว คือ มวล มวลต่อโมล และจำนวนโมล แต่นักเรียนหลายคนต้องการให้การคำนวณง่ายขึ้นจึงใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรเพียงสองตัวเท่านั้น ทำให้ได้คำตอบผิด ซึ่งผลการค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับการค้นพบของเพียเจต์ที่ว่า ความสามารถในการกระทำกับตัวแปรสามตัวแปรเป็นตัวบ่งชี้พัฒนาการในขั้น formal operation ของนักเรียน

3. ภาษา นักเรียนมักนำภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันมาปะปนกับศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ คำบางคำในชีวิตประจำวันกับในทางวิทยาศาสตร์ใช้คำเดียวกันแต่ความหมายไม่เหมือนกัน นักเรียนมักนำคำที่ใช้ทางวิทยาศาสตร์ไปเทียบความหมายกับคำที่ใช้ในชีวิตประจำวันจึงเป็นเหตุให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เช่น ในวิชาเคมีความหมายของคำว่า อิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ร่วมกัน (shared electron pair) หมายถึง อิเล็กตรอนคู่ที่เคลื่อนอยู่ระหว่างอะตอมสองอะตอมในโมเลกุล แต่โดยทั่วไปคำว่า "ร่วมกัน" (to share) หมายถึงการเป็นเจ้าของหรือการใช้หรือการอดทนต่อสิ่งหนึ่งสิ่งร่วมกัน ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของครูที่จะชี้ให้เห็นความแตกต่างของคำ ๆ เดียวกันเมื่อใช้ในเนื้อหาของวิชาการกับเมื่อใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ครู คุรบางคนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องที่ตนเองสอนจึงทำให้นักเรียนได้รับการถ่ายทอดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้น เช่น จากการศึกษาของ ดี แอล กาเบล และคณะ (Gable et al. 1987 : 695-697 quoted in Suwimon Kiokaew 1988:17) พบว่าครูจำนวนร้อยละ 60 ได้ศึกษาเรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสารมาตั้งแต่ระดับมัธยมปลาย จนถึงระดับวิทยาลัย แต่ครูก็ยังมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าว

สุวัฒน์ มุทธเมธา (2523 : 57) กล่าวถึงสาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยสรุปได้ว่า การสร้างมโนทัศน์ของบุคคลแต่ละคน เป็นผลจากการที่บุคคลนั้นสรุปลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ๆ ไม่รวมลักษณะปลีกย่อยหรือรายละเอียดต่าง ๆ ที่ไม่จำเป็น ตลอดจนแยกลักษณะที่แตกต่างของสิ่งนั้นออกจากสิ่งอื่น ๆ ได้ ดังนั้นการที่บุคคลไม่สามารถแยกลักษณะแตกต่างได้ ทำให้การสร้างมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง

โดยสรุปแล้ว มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เกิดจาก ความเชื่อตามผู้ทรงคุณวุฒิหรือนักปรัชญาในอดีต เนื้อหาวิชาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมทำให้เกิดจินตนาการที่ผิด ตำราเรียนที่เขียนไม่ชัดเจน หรือให้ความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ความแตกต่างระหว่างภาษาที่ใช้ในเชิงวิชาการกับที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ต่าง ๆ วุฒิกวาระและพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของนักเรียน ตลอดจนตัวครูผู้สอนเอง

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้มีผู้ทำการวิจัย เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งในประเทศและต่างประเทศไว้ดังนี้

#### งานวิจัยในต่างประเทศ

ในต่างประเทศได้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีไว้หลายท่านดังนี้ ฮาร์ เอฟ เพทเทอร์สัน และ ดี เอฟ ทรีกัส (Peterson and Treagust 1989 : 301-314) ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาแบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเรื่อง พันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างโมเลกุล แบบทดสอบที่พัฒนาแล้วจะมีจำนวนทั้งหมด 15 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วยคำถาม 2 ตอน ตอนแรกเป็นการถามแนวคิดในวิชาเคมี ส่วนตอนที่สอง เป็นการถามเหตุผลที่นักเรียนใช้ประกอบการตอบคำถามในตอนแรก เพทเทอร์สัน และ

ทริกส์ได้นำแบบทดสอบดังกล่าวไปใช้กับนักเรียนเกรด 11 จำนวน 159 คนและนักเรียนเกรด 12 จำนวน 84 คน จากโรงเรียนสหศึกษา 5 โรงเรียนในตอนใต้ของออสเตรเลีย ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนเกรด 11 จำนวนร้อยละ 33 และนักเรียนเกรด 12 จำนวนร้อยละ 23 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องขั้วของพันธะ และแสดงให้เห็นว่านักเรียนสับสนในเรื่องตำแหน่งของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเมื่อมีการสร้างพันธะโคเวเลนต์
2. นักเรียนเกรด 11 จำนวนร้อยละ 46 และนักเรียนเกรด 12 จำนวนร้อยละ 25 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า โครงสร้างโมเลกุลขึ้นอยู่กับการผลักกันระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะนั้น
3. นักเรียนเกรด 12 จำนวนร้อยละ 23 ไม่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างแรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุลและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล นักเรียนเกรด 11 และเกรด 12 จำนวนร้อยละ 48 และ 33 ตามลำดับ คิดว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลคือพันธะโคเวเลนต์ที่เชื่อมอะตอมในโครงผลึกของสารโคเวเลนต์
4. นักเรียนเกรด 11 จำนวนร้อยละ 40 และนักเรียนเกรด 12 จำนวนร้อยละ 34 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า โมเลกุลไม่มีขั้วเกิดเฉพาะกับโมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีเท่ากันและโดยทั่วไปนักเรียนพิจารณาความเป็นขั้วของโมเลกุลโดยไม่ได้พิจารณาความเป็นขั้วของพันธะควบคู่กับโครงสร้างโมเลกุล
5. นักเรียนเกรด 11 และเกรด 12 จำนวนร้อยละ 57 และ 74 ตามลำดับ เข้าใจเรื่องกฎออกเตตเพียงบางส่วน
6. นักเรียนเกรด 11 จำนวนร้อยละ 27 มีความสับสนในธรรมชาติและสมบัติของสารโคเวเลนต์ที่เป็นโครงผลึก แต่ไม่มีรายงานผลเกี่ยวกับนักเรียนเกรด 12 ใด

เร็กซ์ เมลคอล์ม เฮย์เวิร์ท (Heyworth 1988 : 506) ได้สำรวจความแตกต่างของความเข้าใจในทศวรรษในวิชาเคมีและการแก้ปัญหาในวิชาเคมีระหว่างนักเรียนที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในวิชาเคมีกับนักเรียนที่เพิ่งเริ่มศึกษาวิชาเคมี โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนฮ่องกงที่ศึกษาในเกรด 10 และเกรด 11 ซึ่งในรายงานการวิจัยไม่ได้ระบุจำนวนกลุ่มตัวอย่างไว้ ในการ

วิจัยครั้งนี้ได้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบและผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับ กระบวนการแก้ปัญหา ความรู้ในมโนทัศน์ต่าง ๆ ในวิชาเคมี มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ตลอดจนวิธีการจัดระบบความรู้ของนักเรียน ผลการวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนพบว่า นักเรียนที่เรียนเคมีมานานแล้วจะมีมโนทัศน์ที่สอดคล้องกับโครงสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมีมโนทัศน์ที่แม่นยำ เป็นระบบ และผสมผสานกับกระบวนการแก้ปัญหา ในทางตรงข้ามนักเรียนที่เพิ่งเริ่มศึกษาวิชาเคมีจะขาดความเข้าใจในศัพท์เฉพาะนามมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมไปสัมพันธ์กับมโนทัศน์ที่มองเห็นซึ่งบางครั้งทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้ยังมีความสับสนในความรู้ต่าง ๆ ในวิชาเคมี

คาลอส เจ ฟุริโอ มาสและคณะ (Mas et al.1987 : 616-618) ได้สำรวจมโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องก๊าซของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนจาก 12 โรงเรียนซึ่งมีฐานะทางสังคมและเศรษฐกิจต่าง ๆ กันในจังหวัดวาเลนเซีย ประเทศสเปนจำนวนทั้งหมด 1198 คน มีอายุตั้งแต่ 12 ถึง 18 ปี ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 2 ชุดแต่ละชุดมีจำนวน 4 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า แม้ว่านักเรียนจะได้ศึกษาเรื่องกฎทรงมวลมาแล้ว แต่นักเรียนไม่ได้นำความรู้เรื่องกฎทรงมวลมาใช้ในการอธิบายกระบวนการที่มีก๊าซเกี่ยวข้อง นักเรียนคิดว่าเมื่อสารในสถานะของแข็งหรือของเหลว เปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซมวลของสารนั้นจะลดลง และจากผลการวิจัยยังพบอีกว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจเรื่องการอนุรักษ์มวลและนักเรียนที่ไม่เข้าใจในเรื่องดังกล่าว

วอมบี เดอ วอส และ เอคริ เอช เวอร์ดอน (Vos and Verdonk 1987 : 692-694) ได้ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องอนุภาคเล็ก ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของสาร เช่น อะตอม และโมเลกุล ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนที่มีอายุ 14-15 ปี ในประเทศฮอลแลนด์ ซึ่งในรายงานการวิจัยไม่ได้ระบุจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ แล้วให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลองหลังจากนักเรียนทำการทดลองแล้วให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามในแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องอนุภาคของสาร เช่น นักเรียนหลายกลุ่ม เข้าใจว่า การขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนเกิดจากโมเลกุลของสารขยายตัวออก การที่สารบางอย่างไม่มีสี เป็นเพราะโมเลกุลของสารนั้นไม่มีสี และในสิ่งมีชีวิตจะประกอบด้วย โมเลกุลที่มีชีวิต เช่นกัน

ดี แอล กาเบล และคณะ (Gabel et al.1987 : 695-697) ได้ศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับอนุภาคที่เป็นองค์ประกอบของสาร โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่กำลังศึกษาริชาตทักษะพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ ในมหาวิทยาลัยอินเดียนา จำนวน 90 คน ผู้วิจัยให้นักศึกษาตอบแบบทดสอบ 3 ชุดคือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผล แบบทดสอบวัดจินตนาการเกี่ยวกับมิติ และแบบสอบถามเกี่ยวกับพื้นฐานทางด้านเคมีและคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยส่วนหนึ่งพบว่า นักศึกษามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสาร ดังนี้

1. การ เปลี่ยนสถานะจากของ เหลว เป็น ก๊าซ เกิดจากการขยายตัวของอะตอม
2. ก๊าซมีการจัด เรียงตัว เป็นระเบียบ
3. เมื่อโมเลกุลสลายตัวแล้วโมเลกุลยังคงอยู่รวมกัน เป็นกลุ่มมากกว่าที่จะแตกออกจากกัน เป็นอนุภาคเล็ก ๆ

ไมเสส คามาโช (Camacho 1986 : 239) ได้ศึกษาพฤติกรรมการแก้ปัญหาของผู้เชี่ยวชาญเคมีจำนวน 10 คน และผู้ที่เริ่มศึกษาริชาตเคมีในระดับมัธยมปลายจำนวน 13 คน ในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา จุดประสงค์ของการวิจัยนี้คือ ต้องการศึกษาคความแตกต่างของพฤติกรรมการแก้ปัญหาในเรื่องสมดุลเคมีระหว่างผู้เชี่ยวชาญเคมีกับนักเรียนที่เพิ่งเริ่มศึกษาเคมี โดยวิธีอัดเทปวิธีการแก้ปัญหาซึ่งกลุ่มตัวอย่างพูดให้ผู้วิจัยฟัง ผลการวิจัยพบว่า ผู้ที่ประสบผลสำเร็จในการเรียนเคมีมีความรู้ในหลักการทางเคมีมาก และสามารถใช้ความสัมพันธ์อย่างถูกต้องในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ จลนศาสตร์เคมี เทอร์โมไดนามิก การวัดความเป็นกรด-เบส และทักษะการคำนวณ นอกจากนั้นยังมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ในทางตรงข้ามผู้ที่ไม่ประสบผลสำเร็จในการเรียนเคมีมีแนวโน้มที่จะละเลยในการศึกษาหลักการและมโนทัศน์ทางเคมี และยังคงแสดงให้เห็นอีกว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางเคมีมากมาย

อนาชญา เอ็น สวามี (Swamy 1986 : 210) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาว่าหลังจากนักศึกษาได้ศึกษาเรื่องก๊าซแล้วนักเรียนยังขาดความรู้อะไรบ้างในเรื่องดังกล่าว จึงทำให้นักศึกษาไม่ประสบผลสำเร็จในงานที่ผู้วิจัยมอบหมายให้แก้ปัญหา โดยผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักศึกษาจำนวน 30 คนที่ลงเรียนวิชาเคมีในภาคการศึกษาแรกของมหาวิทยาลัยแมริแลนด์คอลเลจพาร์ก ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาจำนวนร้อยละ 97 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิ และความสัมพัทธ์ระหว่างความดันและปริมาณก๊าซ นักศึกษาจำนวนร้อยละ 67 แสดงให้เห็นว่าไม่เข้าใจ

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของก๊าซ นักศึกษาจำนวนมากจำแนกความแตกต่างระหว่างขอบเขตของสถานะกับปริมาตรของสถานะได้อย่างลำบาก นักศึกษาจำนวนร้อยละ 3 ที่เข้าใจเรื่องความดันก๊าซเป็นอย่างดี นักศึกษาจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ไม่มีความรู้ในโมโนโทรม์ เรื่องอุณหภูมิตั้งแต่พลังงานจลน์ของโมเลกุล นักศึกษาทั้งที่ประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จในวิชาเคมี มีโมโนโทรม์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องความดันก๊าซ พลังงานจลน์ และอุณหภูมิตั้งแต่

อาร์ เซอร์เวลลาติ และคณะ (Cervellati et al. 1982 : 852-856) ได้สำรวจและศึกษาความเข้าใจโมโนโทรม์เรื่องโมลของนักเรียนอิตาลี โดยมีจุดประสงค์การวิจัยเพื่อวิเคราะห์หนังสือแบบเรียนวิชาเคมีที่ใช้ในประเทศอิตาลี และวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนเกี่ยวกับโมโนโทรม์เรื่องโมล โดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างเป็นหนังสือแบบเรียนจำนวน 13 เล่ม และนักเรียนที่ศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 783 คน ผลการวิจัยจากการวิเคราะห์หนังสือแบบเรียนวิชาเคมีพบว่า หนังสือแบบเรียนส่วนมากให้ความหมายของคำว่าโมลไว้ มีหนังสือจำนวนเล็กน้อยที่ให้ความหมายของคำว่าโมลผิด หนังสือส่วนมากแสดงวิธีการนำเรื่องโมลไปใช้ในการคำนวณอย่างง่าย ส่วนผลการวิจัยในด้านการวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนในเรื่องโมล พบว่านักเรียนโดยทั่วไปไม่สามารถนำเรื่องโมลมาใช้ในการบอกปริมาณสารได้ นักเรียนส่วนมากเข้าใจความหมายของโมลในแง่ของกรัม-โมลเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนเข้าใจผิดว่า 1 โมลของก๊าซที่ภาวะใด ๆ จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร

#### งานวิจัยในประเทศ

ในประเทศไทยได้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับโมโนโทรม์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีไว้น้อย จึงได้เสนอโมโนโทรม์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์แขนงอื่น ๆ ไว้ด้วย ดังนี้

สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2532 : 3-29) ได้ศึกษาแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนและความเข้าใจผิดในบทเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สายสามัญศึกษา ปีการศึกษา 2530 ที่เลือกเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 1297 คน จากโรงเรียนซึ่งกระจายอยู่ในภาคต่าง ๆ จำนวน 29 โรงเรียน โดยการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจและวิเคราะห์แนวความคิดที่คลาดเคลื่อนและความเข้าใจผิดเฉพาะบทเรียนเรื่องการสร้างอาหารของพืช และกลไกการสังเคราะห์ด้วยแสง เครื่องมือที่ใช้

ในการวิจัย เป็นแบบทดสอบให้นักเรียนตอบและแสดง เหตุผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วนำ คำตอบและ เหตุผลนั้นมาจัดลำดับแนวความคิดออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

1. แนวความคิดที่สมบูรณ์ หมายถึงคำตอบของนักเรียนถูก และให้ เหตุผลถูกต้องครบ องค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวความคิด
2. แนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึงคำตอบของนักเรียนถูก และให้ เหตุผลถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละแนวความคิด
3. แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน (misconception) หมายถึงคำตอบของนักเรียนถูก แต่การให้ เหตุผลมีบางส่วนถูกต้อง และบางส่วนผิด
4. ความ เข้าใจผิด (misunderstanding) หมายถึงคำตอบของนักเรียนถูกหรือผิด แต่การให้ เหตุผลไม่ถูกต้อง

ผลการวิจัยพบว่า

1. เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการใช้และปล่อยก๊าซออกซิ เจนและก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ แบ่งออกเป็น 3 เรื่องย่อยคือ
  - 1.1 การหายใจของพืชและสัตว์ มีนักเรียนจำนวนร้อยละ 68.92 ที่มีแนว ความคิดที่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 5.12 มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 25.21 มี แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และร้อยละ 0.74 มีความ เข้าใจผิด
  - 1.2 การรับและปล่อยก๊าซของสัตว์และพืชในขณะที่มีแสง นักเรียนจำนวน ร้อยละ 3.76 ที่มีแนวความคิดที่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 91.18 ที่มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 4.36 มีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และร้อยละ 0.68 มีความ เข้าใจผิด
  - 1.3 การรับและปล่อยก๊าซของสัตว์และพืชในขณะที่ไม่ม่มีแสง นักเรียนจำนวน ร้อยละ 44.24 มีแนวความคิดที่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 41.80 มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์จำนวน ร้อยละ 11.95 มีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และร้อยละ 2.00 มีความ เข้าใจผิด
2. เรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในระดับโม เลกุล ประกอบด้วย 7 เรื่อง ย่อยคือ

2.1 การอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในภาวะที่ไม่ให้แสง นักเรียนจำนวนร้อยละ 4.78 มีแนวความคิดที่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 64.02 มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 7.10 มีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนและร้อยละ 24.10 มีความเข้าใจผิด

2.2 การอธิบายการทดลองที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เมื่อให้แสงแต่ไม่ให้  $\text{NADP}^+$ ,  $\text{P}_i$  และ  $\text{ADP}$  นักเรียนจำนวนร้อยละ 0.12 มีแนวความคิดที่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 45.73 มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 31.97 มีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และร้อยละ 22.16 มีความเข้าใจผิด

2.3 การอธิบายเหตุผลของการตรวจไม่พบน้ำตาลและ  $\text{P}_i$  ในชุดการทดลองแบ่งออกเป็น 2 เรื่องย่อย คือ

2.3.1 การอธิบายเหตุผลของการตรวจไม่พบน้ำตาลในชุดการทดลอง นักเรียนจำนวนร้อยละ 62.59 มีแนวความคิดที่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 20.92 มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 2.04 มีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และร้อยละ 14.45 มีความเข้าใจผิด

2.3.2 การอธิบายเหตุผลของการตรวจไม่พบ  $\text{P}_i$  ในชุดการทดลอง นักเรียนจำนวนร้อยละ 0.73 มีแนวความคิดที่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 66.10 มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 1.46 มีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และร้อยละ 31.71 มีความเข้าใจผิด

2.4 การอธิบายการทดลองที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่อไม่เติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นักเรียนจำนวนร้อยละ 37.11 มีแนวความคิดที่สมบูรณ์จำนวนร้อยละ 26.67 มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 4.25 มีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และร้อยละ 31.96 มีความเข้าใจผิด

2.5 การอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ถ้าให้แสงในปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง นักเรียนจำนวนร้อยละ 37.44 มีแนวความคิดที่สมบูรณ์จำนวนร้อยละ 11.51 มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 10.64 มีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และร้อยละ 40.37 มีความเข้าใจผิด

2.6 การอธิบายการเกิดก๊าซออกซิเจนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่มีนักเรียนผู้ใดที่มีแนวความคิดที่สมบูรณ์ นักเรียนจำนวนร้อยละ 66.77 มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 12.26 มีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และร้อยละ 20.96 มีความเข้าใจผิด

2.7 บทบาทของคลอโรฟิลล์และคลอโรพลาสต์ นักเรียนจำนวนร้อยละ 7.51 มีแนวความคิดที่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 18.00 มีแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ จำนวนร้อยละ 0.46 มีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และร้อยละ 74.02 มีความเข้าใจผิด

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon Kiokaew 1988 : 4-95) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องพันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างโมเลกุลของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะศึกษาศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์ปีการศึกษา 2531 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จำนวน 177 และ 111 คน ตามลำดับ โดยมีจุดประสงค์เพื่อสำรวจและเปรียบเทียบ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างโมเลกุลของนักศึกษาชายกับนักศึกษาหญิง ตลอดจนเปรียบเทียบ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์กับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การวิจัยนี้ยังมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนวิชาเคมีที่นักศึกษาสอบได้ตอน เข้ามหาวิทยาลัย กับคะแนน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าว ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของ อาร์ เอฟ เพทเทอร์สันและคณะ ซึ่งเป็นทดสอบแบบเลือกตอบมีจำนวนทั้งหมด 15 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักศึกษาทั้งคณะศึกษาศาสตร์และคณะวิทยาศาสตร์มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างโมเลกุล
2. นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์
3. นักศึกษาชายและนักศึกษาหญิงมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 แต่นักศึกษาชายและนักศึกษาหญิงที่ศึกษาในคณะที่ต่างกันจะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. คะแนนวิชาเคมีที่นักศึกษาสอบได้ตอน เข้ามหาวิทยาลัยมีความสัมพันธ์กับคะแนนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ฐิติมา สุขภินนตรี (2531 : 5-32) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเปรียบเทียบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชายกับนักเรียนหญิง ตลอดจนเปรียบเทียบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2531 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 318 คน จากโรงเรียน 11 โรงเรียน มโนทัศน์ที่ศึกษาเป็นมโนทัศน์จากบทเรียนวิชาชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 บทเรียน คือ การสร้างอาหารของพืช การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การสืบพันธุ์ และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือกพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบที่นักเรียนเลือกจำนวน 35 ข้อและแบบอธิบายจำนวน 4 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในบทการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การสืบพันธุ์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ค่อนข้างสูง ส่วนการสร้างอาหารของพืช นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนค่อนข้างต่ำ
2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 ยกเว้นมโนทัศน์เรื่องการแพร่ ผลผลิตที่ได้จากการสร้างอาหารของพืชพบว่านักเรียนชายมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิง
3. นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกันมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ยกเว้นมโนทัศน์เรื่องการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ การสืบพันธุ์ของสัตว์ ลักษณะทางพันธุกรรม ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย การถ่ายทอดลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ มีลติ เบิลอัลลีลส์ พบว่านักเรียนในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกันมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

โสภภาพรรณ แสงศัพท์ สัตตดาวรรณ เจริญศักดิ์ศิริ และนภาพร บรรพหงส์ (2525 : 2-35) ได้ศึกษามโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปรแกรมวิทยาศาสตร์ และนักศึกษาวิทยาลัยครู เพื่อศึกษามโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

ที่มีในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โปรแกรมวิทยาศาสตร์และนักศึกษาวิทยาลัยครูวิชาเอกทางวิทยาศาสตร์ ว่าเมื่อได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นจะมีผลต่อมโนภาพที่คลาดเคลื่อนอย่างไร เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามเพื่อสำรวจมโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์แบบถูก-ผิด ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยพบว่า

1. ในแต่ละกลุ่มของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และกลุ่มนักศึกษาวิทยาลัยครู การที่ได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทำให้มโนภาพที่คลาดเคลื่อนบางมโนภาพลดลง

2. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ระหว่างมโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับนักศึกษาวิทยาลัยครู

นิสิตปีที่ 4 ภาควิชาฟิสิกส์-เคมี-ชีววิทยา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒสงขลา (2519 : 1-32) ได้สำรวจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเข้าใจผิด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย และระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนเขตภาคใต้จำนวน 10 จังหวัด ผลการสำรวจพบว่า

1. คำร้อยละของจำนวนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลายและระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เข้าใจผิด จัดตามหมวดวิชาเรียงลำดับจากมากไปน้อยคือหมวดวิชาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา

2. มีมโนทัศน์บางข้อที่นักเรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลาย เข้าใจผิดมากกว่านักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เช่น แมงมุม เป็นลึดำพวกแอมลง เมื่อใช้มีดจับน้ำแข็งแล้วทำให้เรารู้สึกเย็น เพราะความ เย็นของน้ำแข็งไหล เข้าสู่มือเรา

โสภานพรม แสงศัพท์(2518 : 103-105) ได้ศึกษาความรู้ความ เข้าใจที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ในแบบเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความรู้ความ เข้าใจที่คลาดเคลื่อนในหนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์จำนวน 12 เล่มซึ่งนิยมใช้เป็นแบบเรียนในโรงเรียนต่าง ๆ และสำรวจความรู้ความ เข้าใจที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 2 และ 3 จำนวน 506 คน จาก 4 โรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่ เห็นด้วยว่ามโนทัศน์บางมโนทัศน์ที่นำมาจากแบบเรียนวิทยาศาสตร์จำนวน 12 เล่มนั้น เป็นความรู้ความ เข้าใจที่คลาดเคลื่อนและนักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้ความ เข้าใจที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากแบบเรียนวิทยาศาสตร์

จากรายงานการวิจัยในต่างประเทศและในประเทศตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า นักเรียนและนักศึกษามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวนมากในชีววิทยศาสตร์หลายแขนง ทั้งฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา และยังมีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนและนักศึกษา เช่น ขนาดโรงเรียน ระดับชั้น แบบเรียน เนื้อหาวิชา ตลอดจนคณะวิชาที่ศึกษาอยู่