

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อเป็นพื้นฐานในการวิจัยเรื่อง มโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดนครศรีธรรมราช ในวิชาเคมี เรื่อง กรด - เบส 1 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งขอนำเสนอตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. มโนคติ
 - 1.1 ความหมายของมโนคติ
 - 1.2 ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์
 - 1.3 องค์ประกอบของมโนคติ
 - 1.4 ประเภทของมโนคติ
 - 1.5 ประเภทของมโนคติทางวิทยาศาสตร์
 - 1.6 การสร้างมโนคติ
 - 1.7 การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ
 - 1.8 แผนภูมิมโนคติ
2. มโนคติที่คลาดเคลื่อน
 - 2.1 ความหมายของมโนคติที่คลาดเคลื่อน
 - 2.2 ลักษณะของมโนคติที่คลาดเคลื่อน
 - 2.3 สาเหตุการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน
 - 2.4 มโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์
 - 2.5 การวัดมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 3.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 3.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

มโนคติ

1. ความหมายของมโนคติ

“มโนคติ” เป็นคำหนึ่งที่แปลมาจากคำว่า Concept ในภาษาอังกฤษ (สมจิต สวธนไพบุลย์, มปป. : 50) นอกจากคำว่ามโนคติแล้ว ยังมีคำอื่นในภาษาไทยที่มีผู้ใช้แทนคำว่า Concept ได้แก่ สังกัป, มโนทัศน์ (ไสว เลี่ยมแก้ว, 2537 : 41) ความคิดรวบยอด (ประภัสสร กระทบ, 2522 : 50) ความคิดรวบยอด (อำนาจ เจริญศิลป์, 2537 : 149) มโนคติ, มโนภาพ, และแนวความคิด (วราภรณ์ ธีรสิริ, 2533 : 9) เป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้คำว่า “มโนคติ” แทนคำต่างๆ ข้างต้น

ได้มีผู้ให้ความหมายของมโนคติไว้ดังนี้

ไสว เลี่ยมแก้ว (2537 : 42) ได้ให้นิยามของคำว่ามโนคติไว้ว่า มโนคติ คือ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในหัวของมนุษย์หรือสัตว์ ซึ่งใช้แยกประเภทของสิ่งเร้า การกระทำ หรือความคิด

ประภัสสร กระทบ (2522 : 50) กล่าวว่า มโนคติ คือ ความคิดขั้นสรุปที่เกิดจากการเข้าใจลักษณะที่เป็นส่วนรวมของสิ่งต่างๆ ในขณะที่เดียวกันก็รู้ถึงความแตกต่างที่เกิดขึ้นในของสิ่งเดียวกันนั้น

วิชัย ราษฎร์ศิริ (2522 : 106) ได้ให้ความหมายของมโนคติว่าหมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจขั้นสุดท้ายที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เรื่องใดเรื่องหนึ่ง ในระยะเวลาหนึ่ง มโนคติจะเปลี่ยนแปลงไปได้ถ้าผู้เรียนมีประสบการณ์เพิ่มขึ้น มีวุฒิภาวะเพิ่มขึ้น

อำนาจ เจริญศิลป์ (2537 : 149) ให้ความหมายของมโนคติว่า หมายถึงความคิดเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นผลสรุปที่ได้มาจากลักษณะเด่นๆหลายๆประการเกี่ยวกับสิ่งนั้น

วิไลวรรณ ตรีศรีชนะมา (2537 : 49) กล่าวว่ามโนคติคือ แนวคิดสำคัญที่ได้จากการสรุปหรือกลั่นกรองจากข้อมูลหรือข้อเท็จจริง การสรุป อาจจะได้เป็นถ้อยคำหรือประโยคที่กระชับรัดและสื่อความหมายได้ หรืออาจสรุปออกมาเป็นกลุ่มเป็นประเภทในรูปแบบใดแบบหนึ่ง

คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 7) ให้ความหมายของมโนคติไว้ว่า มโนคติ หมายถึง ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือ เรื่องราวใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น หลายๆแบบ แล้วใช้ลักษณะของสิ่งนั้น หรือ เรื่องนั้น นำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งนั้น

ฟิลด์แมน (Fieldman, 1987 : 210) กล่าวว่า มโนคติเป็นการจัดกลุ่มสิ่งของ เหตุการณ์ หรือคน ที่มีคุณสมบัติคล้ายกันเข้าด้วยกัน การใช้มโนคติ ทำให้เกิดความเข้าใจต่อสิ่งต่างๆ ได้ง่าย มโนคติทำให้เราสามารถจัดจำแนกสิ่งใหม่ ๆ ที่เราพบให้อยู่ในรูปที่เราสามารถเข้าใจได้ตาม ประสบการณ์ที่ผ่านมาของเรา

มังกร ทองสุขดี (2521 : 92) ให้ความหมายของมโนคติว่า เป็นสิ่งที่มีความกว้างขวาง ยากที่จะให้คำนิยามที่แน่นอน เพราะได้รับการใช้แตกต่างกันไปตามสาขาวิชา แต่ถึงกระนั้นก็สามารถชี้ชัดไว้ว่า สิ่งๆหนึ่งคือ มโนคติโดยสังเกตว่า

1. สิ่งนั้นไม่ใช่ข้อเท็จจริง (Fact) เพราะข้อเท็จจริงเป็นสิ่งที่ได้จากกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ถ้าทั้งข้อเท็จจริงอย่างเดียว จะมีคุณค่าไม่มากนัก ที่ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ โคดเด่นขึ้นมาได้ เพราะได้รับมาปรับใช้ในรูปแบบของมโนคติ
2. สิ่งนั้นไม่ใช่ทฤษฎี (Theory) เพราะทฤษฎีนั้นได้จากการสรุปความสำคัญของปรากฏการณ์ในธรรมชาติ เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้อ้างเป็นมาตรฐาน ทฤษฎีนั้น ไม่จำเป็นต้องประกอบด้วยข้อมูลที่ทดลองได้ด้วยกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทฤษฎีว่าด้วยความมีชีวิต ทฤษฎีว่าด้วยการกลายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต เป็นการประมวลสมบัติของสิ่งมีชีวิตที่ทุกคนก็ยอมรับกันแล้ว ขึ้นมาใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงสากล
3. มโนคติจะทำหน้าที่เชื่อมทั้งข้อเท็จจริงกับทฤษฎี เพื่อการสร้างความหมายขึ้นมาใหม่ เพื่อให้เข้าใจมากขึ้น มีประโยชน์มากขึ้น
4. โดยนิยาม มโนคติจะต้องประกอบด้วยข้อเท็จจริงอย่างน้อยที่สุด 2 ข้อ และการนำข้อเท็จจริงมารวมกัน จะต้องสร้างความหมายที่ต่างไปจากเดิม การรวมกันนี้อาศัยรวมกันด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ อุปนัย นิรนัย และสรุปนัย หรือสังเคราะห์ความหมายจากข้อมูลจำนวนมาก

โรมีย์ (Romey, 1968 : 72 อ้างถึงใน สุวิมล เขียวแก้ว, 2540 : 52) ได้กล่าวว่า มโนคตินั้นอาจหมายถึง

1. ความสามารถในการชิงนามธรรมที่จะจัดการความคิดหลายๆความคิดเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปสู่ความสัมพันธ์เชิงเหตุผล
2. ผลจากการสรุปความหมายโดยการแสดงนัยทั่วไป ซึ่งได้จากการทำงานของสมอง
3. การสรุปโดยทั่วไป ซึ่งเชื่อมโยงจากสิ่งที่เฉพาะเจาะจงไปสู่สิ่งที่ครอบคลุมกว้างขวางขึ้น
4. ความคิดที่ได้จากการทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะที่สำคัญ และจำเป็น ซึ่งเป็นตัวแทนของสมาชิกในกลุ่มนั้น (Class or Logical Species)

5. ความคิดที่รวมถึงทุกลักษณะที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับคำนั้นๆ

6. เครือข่ายของการลงความเห็นจากข้อมูลซึ่งมีพื้นฐานมาจากการสังเกตวัตถุ เหตุการณ์หลากหลายชนิด โดยวิธีการที่แตกต่างออกไป

7. การสร้างความรู้จากการสรุปแนวคิดในเชิงตรรกศาสตร์

8. การทำความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎี (A theoretical Construct) เช่น มโนคติเกี่ยวกับอะตอม

9. โครงสร้างที่ง่ายที่สุดที่จะช่วยให้เข้าใจสิ่งรอบตัว

พวงเพ็ญ อินทรประวัตติ (2532 : 14-19) ได้ให้ความหมายของมโนคติไว้ว่า มโนคติคือเนื้อหาความรู้ซึ่งเกิดจากการจัดกลุ่มสิ่งที่มีลักษณะเดียวกันเข้าไว้ด้วยกัน

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์ (2523 : 16-17) กล่าวว่า มโนคติ คือการสรุปความคิดของคนเป็นผลจากการเรียนรู้ของคน ที่มีต่อสิ่งต่างๆ หรือเรื่องราวที่เกิดขึ้นกับคนในธรรมชาติและสังคม เป็นความคิดหลายชั้นตอนหลายระดับ นับตั้งแต่เรื่องที่ง่ายๆ ไปสู่ความคิดที่ยุ่ยาก ซับซ้อน มีลักษณะเป็นนามธรรมที่คนรับรู้จากประสาทสัมผัส กลายเป็นประสบการณ์ที่คนแปลความหมายแทน ไว้อีกต่อหนึ่ง การสรุปความคิดนี้อาจหมายถึง ความสามารถในการให้คำจำกัดความ อธิบายลักษณะ บอกความแตกต่าง จัดหมวดหมู่ หรือแยกประเภท หรือลักษณะทั่วไป

กู๊ด (Good, 1973 : 124) ให้ความหมายของมโนคติไว้ 3 ประการ คือ

1. ความคิด หรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบ หรือลักษณะร่วมที่สามารถแยกเป็นกลุ่มเป็นพวกได้

2. สัญลักษณ์เชิงความคิดทั่วไป หรือเชิงนามธรรม เกี่ยวกับสถานการณ์กิจการหรือวัตถุ

3. ความคิดเห็น ความคิด ความเห็น หรือภาพความคิด

เดอ เซกโค (De Cecco, 1968 : 383-388) ได้ให้ความหมายของมโนคติไว้ว่า มโนคติหมายถึง กลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะสามัญร่วมกัน สิ่งเร้าเหล่านี้อาจเป็น วัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคล เราจะเรียกสิ่งเร้านี้โดยชื่อ เช่น หนังสือ บทความ สงคราม สาวสวย ซึ่งสิ่งเร้าเหล่านี้จัดเป็นกลุ่มของสิ่งเร้า

คำนิยามของ มโนคติ ที่กระชับและมีความหมายครอบคลุม ตามความเข้าใจของผู้วิจัย หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่ได้จากการสรุปลักษณะที่มีร่วมกันระหว่างสิ่งต่างๆ ทั้งทางรูปธรรมและนามธรรม มาอธิบายคุณลักษณะของเรื่องนั้น หรือให้คำจำกัดความของสิ่งนั้นๆ

2. ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

มังกร ทองสุคติ (2521 : 92) ให้ความหมายว่า มโนคติต่างๆทางวิทยาศาสตร์ คือ หน่วยย่อยของเนื้อหาที่จะเรียนรู้ได้ง่ายที่สุดของวิชาวิทยาศาสตร์ การกิจขั้นต่อไปของครูผู้สอนคือ การพยายามนำมโนคติเหล่านั้นมาจัดระบบเสียใหม่ ให้สอดคล้องหรือเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่มีอยู่แล้ว เพื่อให้เกิดความรู้และสามารถจัดระบบมโนคติ (Conceptualization) ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

นอกจากนั้น มังกร ทองสุคติ (2523 : 2) ยังให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ระบบสังเคราะห์ (Synthesis) หรือความสัมพันธ์ตามเหตุผล (Logical Relationship) หรือความคิดสำคัญ (Big Ideas) ซึ่งรวมข้อเท็จจริง (Facts) และหลักเกณฑ์ (Principles) ของแต่ละบุคคลว่าเข้าใจความสัมพันธ์ในวัตถุ (Object) หรือสัญลักษณ์ (Symbol) หรือสถานการณ์ (Situation) มากน้อยเพียงใด โดยนัยนี้มโนคติจึงเป็นสิ่งที่ปรุงแต่งขึ้นมาโดยอาศัยเหตุผล และทำให้ข้อเท็จจริง ที่จะช่วยให้เกิดประโยชน์ในการคิดต่อไป

คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 28-30) ได้สรุปความคิดเห็นเกี่ยวกับ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่ามโนคติทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรม และนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน มโนคติหนึ่งๆอาจเกิดมากจากการนำเอา มโนคติหลายๆอย่างมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล

ผดุงยศ ดวงมาลา (2523 : 5) ได้กล่าวเกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ว่า มโนคติเกิดจากการนำเอาข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องมาผสมผสานกันให้ดีขึ้นเป็นรูปแบบใหม่ มโนคติของสิ่งใดคือความคิดหลักของสิ่งนั้นหรือเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่งนั้น มโนคติอาจไม่ได้เกิดจากการประกอบกันของข้อเท็จจริง แต่อาจเกิดจากการจินตนาการหรือมโนคติของนักวิทยาศาสตร์ก็ได้ เช่น มโนคติเกี่ยวกับสิ่งที่เรามองไม่เห็นแต่รู้ว่ามันอยู่จริงเพราะมีหลักฐานยืนยันสนับสนุนว่าเป็นจริง แม้จะสังเกตไม่ได้โดยตรงก็ตาม เช่น มโนคติเกี่ยวกับ โมเลกุล อะตอม อิเล็กตรอน มวลสาร ล้วนแต่ไม่ใช่ข้อเท็จจริงเพราะสังเกตไม่ได้โดยตรง

วรารักษ์ ชัยโอภาส (2521 : 77) ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง การเรียนรู้ลักษณะนิยาม อาศัยความสามารถในการสังเกต การวิเคราะห์ การใช้สัญลักษณ์ในการสื่อความหมาย โดยอาจจะพูดหรือเขียนบอกด้วยข้อความภาษาของตนเอง เป็นการเปลี่ยนจากรูปธรรมเป็นนามธรรม การรวบรวมการรับรู้ที่มีความหมายต่อการเรียน จะช่วยให้นักเรียนสร้าง

มโนคติทางวิทยาศาสตร์ขึ้นได้ เช่น การบรรยายรูปร่าง ปรางค์การณณ์ ขบวนการ คุณสมบัติการจัดประเภท การใช้สัญลักษณ์

กลอปเฟอร์ (Klopfner, 1971 : 12) กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรม อันเป็นผลที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่ามโนคตินั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ

จากความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาแต่ละท่านได้กำหนดไว้ จะเห็นได้ว่าความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์มีความหมายไม่แตกต่างกับความหมายโดยทั่วไปของมโนคติ เพียงแต่จำกัดให้อยู่ในวงแคบเข้ามา คือ มีเงื่อนไขเป็นสถานการณ์เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการสรุปความคิด ความเข้าใจ ที่รวมข้อเท็จจริงและหลักการหรือข้อสรุปที่สัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผลต่อกัน เกี่ยวกับวัตถุ สัญลักษณ์หรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์

มโนคติทางเคมี

เนื่องจากมโนคติของสิ่งใดก็คือความคิดหลักของสิ่งนั้นหรือเป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น ดังนั้นจากความหมายของมโนคติและความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จึงสรุปเป็นความหมายของมโนคติทางเคมีได้ว่ามโนคติทางเคมีหมายถึงการสรุป ความคิด ความเข้าใจที่รวมข้อเท็จจริงและหลักการหรือข้อสรุปที่สัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผลต่อกันเกี่ยวกับธรรมชาติของสาร สัญลักษณ์หรือสภาพการณ์ทางเคมี

3. องค์ประกอบของมโนคติ

พวงเพ็ญ อินทรประวัตติ (2532 : 14-19) กล่าวว่า มโนคติประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ชื่อ (Name) เป็นคำหรือข้อความที่ใช้เรียกกลุ่ม หรือหมวดหมู่ของประสบการณ์ โดยใช้ลักษณะเฉพาะร่วมเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ตัวอย่างชื่อมโนคติได้แก่ ผลไม้ รัฐบาล ที่อยู่ อาศัย เป็นต้น จะเห็นว่าสิ่งที่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน อาจต่างกันในระยะเยื้องปลีกย่อย เช่น ผลไม้มีหลายชนิด บ่อยครั้งที่ผู้เรียนเข้าใจมโนคติ โดยไม่รู้ชื่อมโนคตินั้น เช่น เด็กเล็กๆมักจัดรูปผลไม้ต่างๆอยู่ในประเภทเดียวกัน โดยมีเหตุผลว่า สิ่งเหล่านี้สามารถรับประทานได้ ซึ่งลักษณะเฉพาะดังกล่าว อธิบายมโนคติแทนที่จะระบุชื่อมโนคติ อย่างไรก็ตาม ถ้ารู้มโนคติแล้ว ก็ไม่ยากที่เขาจะเรียนรู้ชื่อของมโนคตินั้น

2. ตัวอย่างของมโนคติ (Examples) หมายถึง ส่วนหนึ่งของการรู้มโนคติ (Knowing Concept) คือ การระบุตัวอย่างของมโนคติได้ถูกต้อง และยกสิ่งใกล้เคียง แต่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนคติได้

3. คุณลักษณะเฉพาะ (Attributes) หมายถึง คุณลักษณะเฉพาะที่สำคัญที่เราใช้เป็นตัวบ่งชี้หรือเป็นเกณฑ์ในการจัดสิ่งต่างๆ (ตัวอย่าง) ให้เป็นหมวดหมู่เดียวกัน แต่ต้องระวังอย่าใช้ลักษณะที่ไม่สำคัญเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาตัวอย่าง เช่น เรามักเห็นป้ายบอกราคาคืออยู่ที่ผลไม้แต่ละชนิด แต่เราทราบว่า ป้ายราคานี้ไม่ใช่ลักษณะเฉพาะที่สำคัญที่ทำให้เราแยกผลไม้จากอาหารหรือสินค้าอื่นๆ ได้ เราจึงเรียกป้ายติดราคาคือผลไม้ว่า เป็นลักษณะที่ไม่สำคัญของผลไม้ที่เราพบในตลาด มโนคติส่วนมากมีลักษณะบางอย่างที่มักเกี่ยวข้องด้วย แต่ไม่ใช่ลักษณะเฉพาะที่สำคัญ คนจะเรียนรู้มโนคติได้ในระดับใด ขึ้นอยู่กับ การพัฒนาการทางสติปัญญา

4. คุณค่าของลักษณะเฉพาะ (Attribute Values) ในการจำแนกสิ่งต่างๆ โดยใช้ลักษณะเฉพาะนั้น เราพบว่า ลักษณะเฉพาะอย่าง มีคุณค่าหลายระดับ ฉะนั้นจึงต้องพิจารณาระดับของคุณค่าของลักษณะเฉพาะในการจัดหมวดหมู่ด้วย เช่น เราจัดคลอรีนเป็นพวกสารพิษ แต่เราใช้คลอรีนในน้ำประปา ในระดับหรือปริมาณที่ช่วยฆ่าเชื้อแบคทีเรีย แต่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นน้ำประปาจึงไม่ใช่ตัวอย่างของน้ำที่เป็นพิษ ทั้งนี้เพราะไม่มีสารพิษมากพอที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่ถ้าน้ำนั้นมีคลอรีนมากจนมีอันตรายต่อมนุษย์ ก็จัดเป็นตัวอย่างของน้ำที่เป็นสารพิษได้ มโนคติเกี่ยวกับความสูง ความเตี้ย ความเย็น ความร้อน ความเป็นมิตร ความเป็นศัตรู ล้วนเป็นมโนคติที่ใช้ระดับของลักษณะเฉพาะเป็นเกณฑ์ในการจำแนก บรูเนอร์ เรียกว่า ระดับ (Degree) และเรียกความมากน้อยของลักษณะเฉพาะของมโนคติว่า คุณค่าลักษณะเฉพาะ (Attribute Values)

5. กฎเกณฑ์ หรือคำจำกัดความ (Rule) คือ การให้คำนิยามหรือข้อความที่ระบุลักษณะที่สำคัญ หรือจำเป็นของมโนคติ เช่น นิยามของรูปสามเหลี่ยม คือ รูปที่มีด้าน 3 ด้าน นิยามของการปรุงอาหาร คือการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบโดยใช้ความร้อนหรือความเย็น เป็นต้น การให้นิยามของมโนคติมักจะปรากฏในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการการเกิดมโนคติ ซึ่งผู้สอนใช้เป็นเครื่องมือให้ผู้เรียนสรุปลักษณะเฉพาะที่สำคัญของมโนคติที่ผู้เรียนได้ค้นพบ การให้คำนิยามของมโนคติได้ถูกต้องจะสะท้อนให้เห็นว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจองค์ประกอบอื่นๆของมโนคติได้เป็นอย่างดี จึงกล่าวได้ว่า การที่ผู้เรียนเกิดมโนคตินั้นหมายความว่า ผู้เรียนสามารถระบอบองค์ประกอบทั้งหมดของมโนคติได้

4. ประเภทของมโนคติ

การจำแนกประเภทมโนคติ สามารถจำแนกได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับว่าจะใช้เกณฑ์อะไรเป็นหลักในการแบ่ง ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขา อาจใช้เกณฑ์การจำแนกมโนคติต่างๆกัน ในด้านการศึกษา ได้มีการจำแนกประเภทของมโนคติออกเป็นหลายประเภท ดังนี้

รวีชัช ชัยจิรฉายากุล (2523 : 42-49) ได้จำแนกมโนคติออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. มโนคติที่มีลักษณะร่วมกัน (Conjunctive Concept) หมายถึง มโนคติที่เกิดจากลักษณะเฉพาะตั้งแต่สองลักษณะขึ้นไป มารวมกันอยู่ครบถ้วน ซึ่งจะทำให้ทราบว่าเป็นมโนคติของอะไร เช่น สุนัข จะมีลักษณะเฉพาะของ สี ขนาด รูปร่าง ผิว และพฤติกรรม แตกต่างจากสัตว์ประเภทอื่น ดังนั้นไม่ว่าสุนัขพันธุ์เกรเดน สุนัขน้ำตาลอ่อน หรือสุนัขพันธุ์พูเคิล ตัวเล็กๆ สีขาว เรายังสามารถบอกได้ว่าเป็นสุนัข มโนคติประเภทนี้เป็นมโนคติพื้นฐานที่ใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวัน และเป็นมโนคติที่สอนให้เกิดการเรียนรู้ง่ายที่สุด

2. มโนคติที่เกิดจากคุณลักษณะที่แย้งกัน (Disjunctive Concept) หมายถึง มโนคติที่มีลักษณะเฉพาะของลักษณะทั่วไป อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างปรากฏอยู่ในมโนคติประเภทนี้ คุณลักษณะและคุณค่าใช้แทนกันได้ เช่น มโนคติของรูปสองรูปและวงกลมสองวง จะมีลักษณะทั่วไปคือ รูปปร่างและจำนวน และมีลักษณะเฉพาะในเรื่องจำนวนสองจำนวน ปรากฏอยู่เหมือนกัน แต่มีลักษณะเฉพาะของรูปปร่างแตกต่างกัน มโนคติประเภทนี้ยุ่งยากในการรับรู้ เพราะเป็นการเทียบคุณลักษณะโดยไม่มีเกณฑ์แต่ต้องเรียนรู้การเทียบชั้นของสิ่งเร้า

3. มโนคติที่มีลักษณะสัมพันธ์กัน (Relational Concept) หมายถึง มโนคติที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทั่วไปของมโนคติหรือของเหตุการณ์ สภาวะหรือสิ่งเร้า ตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป เช่น มโนคติของระยะทางเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างจุดสองจุดซึ่งหมายถึงการแยกออกจากกันของจุดสองจุด หรือความสัมพันธ์ระหว่างภาษีเงินได้กับระดับรายได้ นอกจากนี้ได้แก่ เวลา แรง น้ำหนัก เป็นต้น สิ่งที่จำแนกคุณลักษณะคือ ความแตกต่างในความสัมพันธ์ของคุณลักษณะเดียวกัน

รัสเซล (Russell, 1956 : 124-125) ได้จำแนกมโนคติออกเป็น 8 ประเภท คือ

1. มโนคติทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Concept) คือ มโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวนและตัวเลข และการวัดซึ่งมีอยู่ในชีวิตประจำวัน

2. มโนคติในเรื่องเวลา (Concept of Time) เป็นมโนคติที่มีความสัมพันธ์กับมโนคติในเรื่องมิติ (Concept of Space) แต่มโนคติเรื่องเวลาเป็นนามธรรมมากกว่า ตัวอย่างของมโนคติเรื่องเวลา เช่น กลางวัน กลางคืน เช้า บ่าย เย็น และฤดูกาลต่างๆ เป็นต้น

3. มโนคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Concept) เป็นมโนคติที่ประกอบด้วยมโนคติทางคณิตศาสตร์ มโนคติเกี่ยวกับเวลา และมโนคติในเรื่องมิติความสัมพันธ์กัน

4. มโนคติที่เกี่ยวกับตัวเอง (Self Concept) เป็นความรู้สึกรู้จักของบุคคลหนึ่งๆที่มีต่อตนเองว่า เขาคือใคร เป็นอะไร และเป็นอย่างไร

5. มโนคติทางสังคม (Social Concept) เป็นมโนคติที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ชุมชน ประชาธิปไตย ศีลธรรม และพฤติกรรมต่างๆ

6. มโนคติทางสุนทรียภาพ (Aesthetic Concept) เป็นมโนคติที่สัมพันธ์กับมโนคติเกี่ยวกับความสวยงาม มโนคตินี้ขึ้นอยู่กับมโนคติทางสังคม ตัวอย่างของมโนคติทางสุนทรียภาพ เช่น สุนทรียภาพในห้องเรียน รูปภาพ การเขียน ดนตรี เป็นต้น

7. มโนคติเกี่ยวกับความขบขัน (Humour Concept) เป็นมโนคติที่อยู่ในขอบข่ายของสังคมที่บุคคลนั้นได้ประสบอยู่เป็นประจำ ซึ่งบางสิ่งเป็นสิ่งที่ขบขันในสังคมหนึ่ง แต่อาจเป็นสิ่งที่ไม่ขบขันในอีกสังคมหนึ่ง

8. มโนคติในเรื่องอื่นๆ (Miscellaneous Concept) เช่น เรื่องเกี่ยวกับ ความตาย เพศ สงคราม เป็นต้น

กานเย (Gagne, อ้างถึงใน สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531 : 116-119) ได้จำแนกมโนคติออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. มโนคติที่เป็นชื่อเรียก (Concrete Concept) หรือ มโนคติรูปธรรม หมายถึง ประเภทของวัตถุ ประเภทของเหตุการณ์ และประเภทของคุณลักษณะของวัตถุ ตัวอย่างของมโนคติที่เป็นวัตถุ เช่น โด๊ยะ ต้นไม้ หมา แมว ไวรัส แมลง มโนคติที่เป็นประเภทของเหตุการณ์ เช่น สุริยุปราคา จันทรุปราคา การสังเคราะห์แสง แผ่นดินไหว มโนคติที่เป็นประเภทของคุณลักษณะของวัตถุ เช่น สี (แดง เหลือง ขาว ดำ) กลม เกือบกลม แหวม กม นอกจากนี้มโนคติรูปธรรม ยังหมายถึง การเปรียบเทียบตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุด้วย เช่น ข้างบน ข้างล่าง เป็นต้น

2. มโนคติที่เป็นคำจำกัดความ (Defined Concept) หรือ มโนคติเชิงนิยาม หมายถึง การให้คำนิยาม เป็นการให้คำจำกัดความ หรือความหมายของมโนคติชื่อเรียกแต่ละประเภทนั่นเอง เช่น พืชใบเลี้ยงเดี่ยว (มโนคติชื่อเรียก) จะมีมโนคติเชิงนิยามว่า เป็นพืชที่เวลางอก จะมีใบเลี้ยงออกมาเพียงใบเดียว ใบแต่ละใบจะมีเส้นใบขนานกัน สนัข (มโนคติชื่อเรียก) เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมชนิดหนึ่ง มีขนทั่วร่างกาย สามารถเห่าและหอนได้ เวลาจะกินข้าวจะกระดิกหาง และชอบเลียมือ เลียเท้าคน (มโนคติเชิงนิยาม)

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์ (2523 : 9-10) ได้แบ่งมโนคติเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนคติที่มีลักษณะร่วมกัน เป็นมโนคติที่มีคุณลักษณะร่วมกันหลายอย่าง เช่น สุนัข แม้ว่าจะมีอยู่หลายพันธุ์ เช่น อัลเซเชียน โดเบอร์แมน จึงจอก หมาโน เป็นต้น แม้ว่าจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน แต่ก็มีลักษณะร่วมกันหลายอย่างซึ่งบอกถึงความเป็นสุนัขในความเข้าใจของคน
2. มโนคติที่เป็นเชิงสัมพันธ์ เป็นมโนคติที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกหรือส่วนของกลุ่มมาพิจารณาคุณลักษณะ หรือคุณค่าที่แตกต่างกัน แต่สมาชิกหรือส่วนประกอบมีความสัมพันธ์กันในบางลักษณะ เช่น การจัดกลุ่มคนที่มี อายุ เพศ และวัยต่างกัน เข้าด้วยกัน เพราะบุคคลเหล่านี้ปฏิบัติกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งร่วมกัน
3. มโนคติที่เป็นเชิงวิเคราะห์ เป็นมโนคติที่อยู่บนพื้นฐานของคุณลักษณะที่สังเกตได้จากส่วนของวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวแต่ละอย่างภายในกลุ่ม ซึ่งละเอียดซับซ้อนกว่ามโนคติ 2 ประเภทแรก เช่น จัดกลุ่มสัตว์สี่เท้าเข้าด้วยกัน เพราะดูจำนวนขาหรือเท้า

5. ประเภทของมโนคติทางวิทยาศาสตร์

ปรีชา วงศ์ชูศิริ และคณะ (2525 : 140-143) ได้แบ่งมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. มโนคติเกี่ยวกับการแบ่งประเภท เป็นการกำหนดคุณสมบัติรวมของสิ่งต่างๆ ไว้เป็นพวกๆ เพื่อใช้ในการบรรยายสิ่งต่างๆ ให้เข้าใจตรงกัน เช่น น้ำทะเลเป็นน้ำกระด้าง, สสารคือสิ่งที่มีมวล ต้องการที่อยู่
 2. มโนคติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนคิต่อสิ่งที่เกี่ยวข้อง ซึ่งช่วยให้สามารถพยากรณ์ หรือคาดคะเนล่วงหน้าในเหตุการณ์หนึ่งๆ เช่น แรงแม่เหล็กที่ผลักหรือดึงวัตถุให้เกิดการเคลื่อนที่ สสารอาจเปลี่ยนสถานะได้โดยการเพิ่มหรือลดพลังงาน
 3. มโนคติทางทฤษฎี เป็นมโนคติที่กำหนดสิ่งที่มองไม่เห็น แต่รู้ว่าสิ่งนั้นมีอยู่จริง เพราะมีหลักฐานสนับสนุนว่าเป็นจริง มโนคติประเภทนี้ นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นโดยอาศัยจินตนาการ หรือนึกวาดภาพขึ้นในสมอง เพื่อกำหนดลักษณะของสิ่งนั้น เช่น แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, อะตอม คืออนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ ซึ่งประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน
- ซันด์และโทรบริดจ์ (Sund and Trowbridge, 1973 : 20) ได้จำแนกมโนคติทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. มโนคติเชิงรูปธรรม (Concrete Concept) เป็นมโนคติที่พัฒนามาจากการรับรู้จากวัตถุที่เป็นรูปธรรม ไปสู่ความเป็นนามธรรม เช่น มโนคติเกี่ยวกับแม่เหล็ก เลนส์ โลหะ หิน เป็นต้น

2. มโนคติเชิงกระบวนการเคลื่อนที่ (Dynamic Process Concept) เป็นมโนคติที่พัฒนามาจากกระบวนการที่มีการเคลื่อนที่ของสิ่งต่างๆ เช่น การออสโมซิส ความเร่ง การสังเคราะห์แสง เป็นต้น

วิลลวรรณ ตรีศรีชนะมา (2537 : 49) กล่าวว่า ลักษณะของมโนคติแต่ละวิชาอาจจะไม่เหมือนกัน แต่พอสรุปแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ประเภทที่แบ่งตามธรรมชาติ ได้แก่ความเป็นนามธรรม จำนวนสมาชิกในกลุ่ม และการสรุปเกี่ยวกับความแคบ-กว้าง

2. ประเภทที่แบ่งตามโครงสร้าง ได้แก่ลักษณะเดิมที่ปรากฏ การแสดงความสัมพันธ์เกี่ยวกับขนาด ที่ตั้ง ทิศทาง

3. ประเภทที่แบ่งตามหน้าที่ ได้แก่การตอบสนองต่อสิ่งของหรือเหตุการณ์ หรือพฤติกรรมที่เกิดจากเหตุการณ์นั้นๆ

คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525 : 30-31) ได้แบ่งประเภทของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประเภทดังนี้

1. มโนคติที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงต่างๆ ที่จะนำมาสรุป เช่นน้ำแข็งคือน้ำที่อยู่ในสถานะของแข็ง

2. มโนคติที่เกิดจากการสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริง ของสิ่งทั้งหลาย เช่น สสารอาจเปลี่ยนสถานะได้ ถ้าเราเปลี่ยนหรือลดพลังงาน

3. มโนคติที่เกิดจากการนำเอาข้อมูลหรือเหตุการณ์ต่างๆ มาสรุปเข้าด้วยกัน เป็นกระบวนการต่อเนื่องตั้งแต่ความรู้เบื้องต้น ไปจนกระทั่งถึงความรู้ระดับสูงในการที่จะเข้าใจมโนคติเหล่านี้ได้ จะต้องมิมโนคติเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นมาแล้ว เช่นแก๊ส เมื่อได้รับความร้อน โมเลกุลจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น

6. การสร้างมโนคติ

ในการสอนที่มีคุณค่าครูต้องพยายามสร้างมโนคติให้เกิดแก่ผู้เรียน และในการสร้างมโนคตินั้น ครูต้องคำนึงถึงสติปัญญา ประสบการณ์และวัยของเด็ก (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531 : 106)

ซึ่งการสร้างมโนมตินั้นประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ หลายขั้นตอน รวมเรียกว่า กระบวนการสร้างมโนมติ ซึ่งได้มีผู้เสนอความคิดเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนมติดังนี้

สุวัฒน์ มุทขเมธา (2523 : 54) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสร้างมโนมติไว้ดังนี้ การสร้างมโนมติเป็นคุณสมบัติพิเศษสำคัญยิ่งของมนุษย์ ถ้ามนุษย์ไม่สามารถที่จะจัดรวบรวมประสบการณ์ของคนอื่นเป็นความคิดรวบยอดและสื่อความหมายกันทางภาษาได้แล้ว มนุษย์จะประสบปัญหาชุกชุมยากเป็นอันมาก มนุษย์จะต้องจดจำทุกสิ่งทุกอย่างแต่ละสิ่งแต่ละอย่างไป มนุษย์ไม่สามารถที่จะรวบรวมเข้าเป็นหมู่เป็นประเภทได้ ไม่สามารถสร้างหลักการต่างๆ ขึ้นมาได้

มังกร ทองสุขศิริ (2521 : 97-98) ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับการสร้างมโนมติว่า การสร้างมโนมติเป็นกรรมวิธีเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้าอย่างพินิจพิเคราะห์ เพราะจะต้องค้นคว้าเพื่อเก็บข้อมูล ข้อเท็จจริงต่างๆ นำมาศึกษาคุณสมบัติและคุณค่า แล้วนำไปจัดระบบเสียใหม่ กรรมวิธีหรือขบวนการดังกล่าว จะต้องประกอบด้วย

1. การแยกประเภทอย่างพินิจพิเคราะห์ (Discriminating)
2. การจัดประเภท (Categorizing)
3. การประเมินผล (Evaluating)

ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลและสาระสำคัญที่มีคุณภาพและมีคุณค่ามากขึ้น ตามลักษณะทั่วไปแล้ว การสร้างมโนมตินั้นจะเป็นกรรมวิธีที่ดำเนินไปอย่างช้าๆ เพราะมโนมติจะค่อยๆ ปรากฏขึ้นมาเมื่อมีการนำข้อมูลมาจัดระบบเสียใหม่ กรรมวิธีดังกล่าวจะต้องใช้เวลา มโนมติจะปรากฏอย่างรวดเร็ว หรือในทันทีที่ผู้เรียนเกิดความรู้แจ้ง (Insight) หรือมีการยอมรับนับถือ (Recognition) ขึ้นมา ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายหลังจากที่ใช้เวลาศึกษา ค้นคว้ามานานพอสมควร

กรรมวิธีในการสร้างมโนมติ จะช่วยให้นักเรียนรู้จักวิธีการตัดสินใจเพื่อที่จะพิจารณาข้อมูลและเงื่อนไขต่างๆ ว่า

1. ข้อมูลนั้นมีข้อแตกต่างกันอย่างไร
2. ถ้านำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดระบบใหม่ จะต้องอาศัยคุณลักษณะอย่างไรบ้าง
3. จะต้องอาศัยเหตุผลหรือเกณฑ์ใดๆ มาอ้างอิงหรือยืนยันได้บ้าง

จะเห็นได้ว่า การเรียนรู้มโนมติจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ ถึงระดับสูงสุดได้

นวลจิตต์ เขาวงกิตพิงศ์ (2537 : 57) กล่าวว่า ปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้มโนมติอย่างมีประสิทธิภาพได้แก่

1. สิ่งเร้า ช่วยให้บุคคลสามารถแยกแยะความคล้ายคลึงและแตกต่างกันของวัตถุสิ่งของที่พบใหม่ เพื่อจัดรวมเป็นหมวดหมู่ หรือแยกออกจากกันได้สะดวกขึ้น

2. ความสามารถในการรับรู้ ตีความหมาย และการบันทึกความจำ

2.1 อายุ เด็กมีความไวต่อการรับรู้ และจดจำได้ดีกว่าผู้ใหญ่

2.2 ประสบการณ์ ผู้ใหญ่มีประสบการณ์มากกว่าเด็ก สามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ให้เกิดมโนคติได้ง่ายกว่าเด็ก

3. ความสามารถในการจำแนก แยกแยะเหตุการณ์ หรือสิ่งเร้า

4. ความสามารถในการสร้างจินตนาการ

5. ความสามารถในการใช้ภาษา

ออซูเบล (Ausubel, 1968 : 517) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นในการสร้างมโนคติไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของสิ่งเร้า

2. สร้างสมมติฐานเกี่ยวกับลักษณะร่วมของสิ่งเร้า

3. ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง

4. เลือกสมมติฐานที่สามารถครอบคลุมสิ่งเร้าที่มีลักษณะบางประการเหมือนกัน

5. นำลักษณะเฉพาะของสิ่งเร้าที่คิดไว้จากสมมติฐานมาสัมพันธ์กับโครงสร้างความคิด

ที่มีอยู่เดิมของตน

6. แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนคติที่ได้ใหม่กับมโนคติที่มีอยู่เดิมเพื่อหาความสัมพันธ์กัน

7. สรุปความหมายของมโนคติ ที่รับมาใหม่ให้ครอบคลุมไปยังสมาชิกทุกๆ หน่วยในกลุ่ม

8. กิจหาสัญลักษณ์ทางภาษาที่เหมาะสมมาใช้เป็นตัวแทนของมโนคติที่รับมาใหม่
โลเวลล์ (Lovell, 1966 : 12-13) ได้เสนอความเห็นเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนคติไว้ดังนี้

1. กระบวนการรับรู้ (Perception)

2. การสรุปสาระสำคัญ (Abstraction)

3. การสรุปครอบคลุม (Generalization)

ในกระบวนการทั้งสามกระบวนการนี้ กระบวนการสรุปสาระสำคัญเป็นจุดสำคัญของการสร้างมโนคติ ซึ่งได้แก่การที่เด็กสามารถวิเคราะห์ลักษณะเด่น ซึ่งเป็นลักษณะที่ร่วมกันของวัตถุหรือเหตุการณ์ในสิ่งแวดล้อมนั้น การสร้างมโนคติของเด็กจะเกิดขึ้นได้เมื่อเด็กสามารถแยกแยะ

(Discrimination) สมบัติของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จากนั้นสามารถสรุปครอบคลุมออกไปในลักษณะที่ร่วมกันของสิ่งที่ค้นพบได้

เพียเจต์ (Piaget : 1958 อ้างถึงใน เบญจวรรณ รอดแก้ว, 2524 : 10-11) ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างมโนคติไว้ว่า

โครงสร้างทางสติปัญญาของมนุษย์ประกอบด้วย

1. โครงสร้าง (Schema)
2. กระบวนการปรับเข้าโครงสร้าง (Assimilation)
3. กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation)
4. สภาวะสมดุล (Equilibrium)

ในโครงสร้างทางสติปัญญาทั้ง 4 อย่างนี้ โครงสร้างที่มีความสำคัญต่อการสร้างมโนคติคือ กระบวนการปรับเข้าโครงสร้างและกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง

กระบวนการปรับเข้าโครงสร้างประกอบด้วยความสามารถในการจำแนก

(Discrimination) และความสามารถในการสรุปครอบคลุม (Generalization) เช่น เด็กสามารถแยกสัตว์สี่เท้าออกจากพวกนก และสามารถจัดสัตว์ที่พบเห็นเข้าเป็นพวกนก สัตว์สี่เท้าและสัตว์เลื้อยคลานได้ โดยใช้ความสามารถในการสรุปครอบคลุมลักษณะของสัตว์ เช่น นก ไก่ เป็ด รวมเข้าเป็นสัตว์ปีกเหมือนกันได้ ความสามารถในการจำแนกและการสรุปครอบคลุมช่วยส่งเสริมกระบวนการปรับเข้าโครงสร้างให้มีคุณภาพในระดับสูงขึ้น กล่าวคือ เมื่อบุคคลจัดประเภทของวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตได้แล้ว เมื่อไปพบวัตถุใหม่ซึ่งจัดเข้าประเภทเดียวกันได้ บุคคลนั้นก็ใช้กระบวนการปรับเข้าโครงสร้างจัดเข้าประเภท

ส่วนกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง หมายถึง เมื่อบุคคลนั้นพบสิ่งใหม่ที่ไม่สามารถจัดเข้าโครงสร้างเดิมได้ ก็ต้องจัดประเภทใหม่หรือปรับโครงสร้างใหม่ บุคคลที่มีความสามารถปรับโครงสร้างใหม่ได้ เป็นบุคคลที่มีความสามารถสร้างมโนคติใหม่ๆ ได้

งาน พรายเข้มแข (2516 : 47-49) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้มโนคติไว้ว่า การที่บุคคลจะเกิดมโนคติต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง บุคคลจะต้องมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ความจริง หลักการและการสรุปรวมของเรื่องนั้นๆ มาก่อนแล้ว อีกประการหนึ่งจะต้องระลึกได้ว่าสิ่งนั้นมีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง โดยแยกลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นออกจากสิ่งอื่น ได้อย่างชัดเจน ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวจะเกิดได้ ต้องอาศัยคุณสมบัติในด้านการใช้การสังเกตอย่างดี ดังนั้นวิธีที่บุคคลจะเกิดมโนคติจะต้องเกิดมโนคติขึ้นในความคิดเป็นขั้นๆ ดังนี้

ความจริง,

สังเกต → หลักการ → การแยกลักษณะเฉพาะ → มโนคติ
การสรุปรวม

ชัยพร วิชาขาว (2519 : 6) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการเรียนรู้มโนคติไว้ดังนี้

1. การเรียนรู้เริ่มจากผู้เรียนได้ประสบการณ์ซึ่งได้แก่ การเห็น การได้ยิน
2. เมื่อเกิดประสบการณ์แล้ว ผู้เรียนจะต้องสังเกตในรายละเอียดปลีกย่อยของประสบการณ์และคิดเปรียบเทียบ เช่น รูปที่เห็นนั้นมีสีอะไร รูปร่างอย่างไร ทั้งสองอย่างมีอะไรเหมือนกัน และมีอะไรที่ต่างกัน
3. จากการสังเกตในข้อ 2 ผู้เรียนจะตั้งสมมติฐานว่า มโนคติคืออะไร
4. ผู้เรียนทดสอบสมมติฐาน ถ้าปรากฏว่าถูกต้องจะคงสมมติฐานนั้นไว้ ถ้าผิดก็จะกลับไปสังเกตและคิดตั้งสมมติฐานใหม่จนถูก

คณะกรรมการการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 31-32) ได้กล่าวถึงการสร้างมโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่ารูปแบบของการสร้างมโนคติทางวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับการสร้างมโนคติทั่วๆ ไปการสร้างมโนคติทางวิทยาศาสตร์นั้น มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เพราะการเรียนรู้จะเริ่มต้นจากการสัมผัส รับรู้ ปรากฏการณ์ต่างๆ เป็นเบื้องต้น และเมื่อได้รับรู้จากสิ่งที่มีลักษณะร่วมกัน มีความสัมพันธ์กันเพิ่มขึ้นหลายๆ ครั้ง นักเรียนสามารถนำมาสรุปเป็นมโนคติได้ เมื่อนักเรียนเรียนรู้มากขึ้น มีการสะสมมากขึ้น ก็จะทำให้นักเรียนสามารถนำมาสรุปไว้แล้วไปใช้ในการเรียนขั้นสูงต่อไป และสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

จากความเห็นที่นักการศึกษาให้ไว้นี้ พอจะสรุปได้ว่า การสร้างมโนคติจะเริ่มจากการที่นักเรียนได้สังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น แล้วเกิดการรับรู้ มีการจัดระบบความคิด แล้วนำมาแยกแยะ โดยอาศัยสมบัติเฉพาะของวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น หลังจากนั้นก็นำมาหาความสัมพันธ์กับแนวความคิดของตนเอง จนเกิดความเข้าใจและสรุปเป็นมโนคติได้หรือกล่าวอีกแง่หนึ่งก็คือการสร้างมโนคติเป็นผลมาจากความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และการคิด รวมทั้งสิ่งแวดล้อมภายในและภายนอกร่างกาย ซึ่งการที่จะสร้างมโนคติได้นั้นต้องผ่านกระบวนการ 3 ขั้นตอน คือการแยกแยะ การสรุปสาระสำคัญ และการสรุปครอบคลุม ซึ่งกระบวนการทั้งสามนี้ จะต้องผสมผสานกันและรวมเข้าเป็นโครงสร้างของมโนคติ

7. การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ

การสอนมโนคติก็เช่นเดียวกับการสอนทั่วไป กล่าวคือ ผู้สอนมีจุดประสงค์ให้ผู้เรียน ประสบผลสำเร็จในการเรียน แต่การที่จะสอนมโนคติให้ประสบผลสำเร็จได้นั้น ย่อมต้องมีวิธีการ สอนที่แตกต่างจากวิธีการสอนในเรื่องอื่นๆ ซึ่งได้มีนักการศึกษาหลายท่านเสนอข้อคิดเห็นเกี่ยวกับ หลักการสอนให้ผู้เรียนเกิดมโนคติตามที่ต้องการไว้ดังนี้

พนัส หันนาคินทร์ (2526 : 99-100) ได้กล่าวถึงการสอนมโนคติไว้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. จัดหาประสบการณ์ที่เป็นจริง การอธิบายมโนคติจะชัดเจนหากว่าการอธิบายนั้น สัมพันธ์กับสิ่งที่เข้าใจอยู่ก่อนแล้ว โดยเฉพาะหากเป็นสิ่งที่มีลักษณะเป็นของจริงหรือประสบการณ์ จริง ในกรณีเช่นนี้ การหาอุปกรณ์การสอนที่ตรงกับเรื่อง จะช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องได้ดียิ่งขึ้น

2. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่างๆ โดยชัดเจน ประสบการณ์ที่เป็นจริง เป็นสิ่งที่จำเป็นในการ สร้างมโนคติใหม่แก่นักเรียน ประสบการณ์ที่แสดงออกมาอย่างชัดเจนนั้นย่อมจะสร้างมโนคติที่ถูกต้องและชัดเจน สิ่งหนึ่งที่จะช่วยได้มากก็คือ การพยายามให้นักเรียนแสดงมโนคติออกมาด้วย ตนเอง

3. การให้คำอธิบายอย่างแจ่มแจ้ง ในการอธิบาย ครูจะต้องพยายามให้หลักการที่ได้ผล ในการติดต่อสื่อสารความคิด เช่น ใช้คำพูดที่นักเรียนคุ้นเคย ใช้ประโยคง่ายๆ เน้นจุดสำคัญด้วยการอธิบายซ้ำ ซึ่งให้เห็นความสัมพันธ์ของเรื่องย่อยที่มีอยู่ในเรื่องใหญ่ และใช้คำถามนำในเรื่องที่เป็นหัวใจของเรื่อง

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวง มหาวิทยาลัย (2525 : 31-32) ได้เสนอหลักการสอนเพื่อให้เกิดมโนคติไว้ดังนี้

1. ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียน และวุฒิภาวะของนักเรียน เพราะอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียนจะทำให้เนื้อหาที่ยากกลับง่ายขึ้น ทำให้บทเรียนที่ซับซ้อน ชัดเจนขึ้น ซึ่งการเลือกใช้อุปกรณ์นั้น ครูจะเป็นผู้พิจารณาถึงความเหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียน

2. การจัดประสบการณ์ตรงให้นักเรียน ให้ได้สัมผัสของจริงให้มากที่สุด เท่าที่โอกาส จะอำนวย แต่การนำประสบการณ์รองมาใช้ในการสอนก็สามารถทำให้นักเรียนเกิดความสัมพันธ์ ทางความคิดด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดมโนคติขึ้นมาด้วยตนเองได้

3. ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ตลอดจนส่งเสริมให้รู้จักคิดหาเหตุผล รู้จัก สังเกต และรู้จักจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่างๆออกมาให้เห็นเด่นชัด จะทำให้เขามีความรู้ความ เข้าใจเบื้องต้นอันจะนำไปสู่การสร้างมโนคติต่อไป

4. เลือกใช้วิธีสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียนในการสอนสิ่งใดก็ตาม ครูจะต้องเป็นผู้พิจารณาเลือกวิธีสอนและจัดกิจกรรมต่างๆ ให้นักเรียน วิธีสอนบางวิธี เช่น วิธีสอนแบบบรรยาย ควรนำมาใช้น้อยที่สุด เพราะการสอนวิธีนี้จะทำให้นักเรียนเกิดมโนภาพที่จะนำไปสู่การสร้างมโนมติด้อย่างผิดๆ ได้ง่าย

นอกจากนี้ นวราภรณ์ ธีรสิริ (2533 : 24) ได้กล่าวถึงการสร้างมโนมติว่า ครูควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เกี่ยวกับตัวนักเรียนด้วย ซึ่งปัจจัยที่สำคัญดังกล่าว ได้แก่

1. ความพร้อมของนักเรียนทั้งทางกาย ใจ และสติปัญญา
2. ประสบการณ์เดิมของนักเรียน ประสบการณ์และมโนมตินักเรียนมีอยู่เดิม จะเป็นพื้นฐานในการที่จะทำให้เกิดมโนมติในระดับต่อไป ดังนั้น การที่นักเรียนมีประสบการณ์ในเรื่องนั้นๆ มาก่อนด้วยปริมาณที่มากพอ จะเป็นเครื่องช่วยให้เกิดมโนมติได้ดียิ่งขึ้น
3. แรงจูงใจไม่สัมฤทธิ์ ซึ่งอาจจะเป็นแรงกระตุ้นที่เกิดจากความต้องการในการเรียนรู้ของนักเรียนเอง หรืออาจเป็นแรงกระตุ้นที่มีผลเนื่องมาจากเหตุผลทางจิตวิทยา เช่น การฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ การเรียนสิ่งที่ใกล้ตัว จากสิ่งง่ายไปหาสิ่งที่ยาก หรือการเรียนในสิ่งที่นักเรียนสนใจ เหล่านี้จะเป็นแรงกระตุ้นที่ช่วยส่งเสริมการเกิดมโนมติของผู้เรียน

นวลจิตต์ เขาวงกิตพงศ์ (2537 : 58-60) ได้สรุปหลักการและเชื่อมโยงไปถึงขั้นตอนวิธีการสอนให้เกิดมโนมติได้ดังนี้

1. ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้มโนมติได้ดี เมื่อมีโอกาสได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ในขั้นตอนนี้ ครูจะต้องวางแผนไว้ล่วงหน้า โดยเริ่มต้นจาก
 - 1.1 ตั้งจุดประสงค์การสอน และระบุขอบเขตของมโนมติของสิ่งที่ต้องการสอนให้ชัดเจนก่อน
 - 1.2 ทำการสำรวจความรู้พื้นฐานของผู้เรียนเกี่ยวกับมโนมตินั้น เพื่อการเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนอย่างเหมาะสม
2. การนำเสนอสิ่งเร้าที่ชัดเจน การชี้แนะให้เห็นความแตกต่างของสิ่งเร้าอย่างชัดเจน และการชี้แนะให้เกิดการเชื่อมโยงประสบการณ์ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มโนมติได้เร็วขึ้น โดยลำดับขั้นตอนดังนี้
 - 2.1 ชี้ให้เห็นธรรมชาติของสิ่งนั้น จุดเด่นของลักษณะที่ทำให้เกิดความแตกต่างจากสิ่งเร้าอื่น
 - 2.2 นำเสนอตัวอย่างของสิ่งที่ใช่และไม่ใช่เป็นลำดับและมีความสัมพันธ์กัน
 - 2.3 กล่าวเชื่อมโยงลักษณะของสิ่งเร้าใหม่กับลักษณะตามประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

2.4 ทดสอบการเขียนมโนคติของผู้เรียน โดยที่ผู้เรียนสามารถแสดงออกมาด้วยพฤติกรรมที่ง่าย ๆ ทางกายก่อน เช่น การชี้บ่ง การแยกแยะ

3. การส่งเสริมความสามารถทางการใช้ภาษาอย่างถูกต้องจะช่วยให้ผู้เรียนแสดงออกถึงการเรียนรู้มโนคติได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย

3.1 ครูให้หลักการ และเสนอตัวอย่างการใช้ถ้อยคำที่เหมาะสมในการอธิบาย หรือกล่าวถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

3.2 ครูให้ผู้เรียนลองให้คำจำกัดความเกี่ยวกับมโนคติที่เรียนรู้แล้ว ตามด้วยการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงแก้ไขและให้การเสริมแรง

4. ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้มโนคติได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความคงทนต่อการเรียนรู้สูง เมื่อได้มีโอกาสนำการเรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ โดยอาจใช้กิจกรรมดังตัวอย่างนี้

4.1 ให้ผู้เรียนแก้ปัญหาโจทย์ที่เกี่ยวข้องกับมโนคติที่เรียนรู้แล้ว

4.2 ใช้ความรู้มโนคติเดิมเรียนรู้มโนคติใหม่

การสอนให้เกิดมโนคตินี้ จะได้ผลดีมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้เทคนิคการสอนของผู้สอนด้วย ตั้งแต่เทคนิคการตั้งคำถาม การเสริมแรง การสรุปผล ตลอดจนความสามารถในการใช้ภาษาที่ถูกต้องชัดเจน

เดอ เซกโค (De Cecco, 1968 : 402-416) ได้เสนอแนะวิธีการสอนให้เกิดมโนคติไว้ทั้งหมด 9 ขั้น ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. กำหนดพฤติกรรมที่คาดหวังให้ชัดเจนว่า หลังจากเรียนมโนคติแล้ว นักเรียนจะทำอะไรได้บ้าง
2. วิเคราะห์มโนคติที่จะให้เรียนว่าประกอบด้วยลักษณะเด่นๆอะไรบ้าง แล้วครูควรเลือกเน้นเฉพาะลักษณะที่สำคัญและจำเป็นในการสร้างมโนคตินั้นๆ เพื่อนักเรียนจะได้มีมโนคติที่ถูกต้องในสิ่งนั้น
3. การใช้ภาษาในการสอน ครูควรใช้ภาษาที่ทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายและเข้าใจความหมายอย่างถูกต้อง
4. ครูควรแสดงตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบของมโนคติที่ต้องการสอนให้นักเรียนได้สังเกตและศึกษา โดยตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบจะต้องมีมากเพียงพอที่จะทำให้นักเรียนสรุปลักษณะร่วมของมโนคตินั้นและจำแนกลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องกับมโนคตินั้นออกไป
5. การแสดงตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบ ควรแสดงตัวอย่างทางลบทันทีหลังจากแสดงตัวอย่างทางบวกแล้ว หรือแสดงพร้อมๆกันทั้งตัวอย่างทางบวกและทางลบก็ได้

6. ครูเสนอตัวอย่างใหม่เกี่ยวกับลักษณะทางบวกของมโนคติที่ต้องการสอนให้นักเรียนพิจารณาเพื่อให้นักเรียนสามารถชื่อบอกมโนคตินั้น
7. ครูนำตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบหลายๆตัวอย่างมาให้นักเรียนพิจารณาเพื่อทดสอบให้นักเรียนชื่อบอกมโนคติที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นการประเมินผลมโนคติของนักเรียน
8. ครูให้นักเรียนให้ความหมายหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับมโนคตินั้น เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน
9. ครูให้นักเรียนลองใช้มโนคติที่เรียนมาแล้วและเสริมกำลังใจในการที่นักเรียนได้ใช้มโนคตินั้นๆ

หลักการสอนมโนคติของ คลาสเมเยอร์และเฟรเยอร์ (Klausmeier and Frayer อ้างถึงในนิภา บุญธรรม, 2538 : 31-33) แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบคือ

1. การสอนมโนคติขั้นรูปธรรมและขั้นเหมือน (Concrete/Identity Level Processes) มีขั้นตอนดังนี้

- 1.1 แสดงตัวอย่างซึ่งอาจเป็นของจริงและรูปภาพพร้อมกับมีของที่เหมือนกับตัวอย่างไว้หลาย ๆ อย่าง เช่น การสอนมโนคติ “สี่เหลี่ยมจตุรัส” ครูควรให้ดูตัวอย่างสี่เหลี่ยมจตุรัสที่ต่างขนาด ต่างสี และในขณะที่เดียวกันก็มีของที่ไม่ใช่ดังตัวอย่าง เช่น สามเหลี่ยม วงกลม ให้ดูด้วย เพื่อผู้เรียนจะได้เห็นความแตกต่าง
- 1.2 ในขณะที่แสดงตัวอย่างให้ผู้เรียนดู ครูต้องบอกชื่อมโนคติ พร้อมๆ กับตัวอย่าง เช่น ถ้าให้ตัวอย่างรูป “สี่เหลี่ยมจตุรัส” ครูควรบอกว่า “นี่คือสี่เหลี่ยมจตุรัส”
- 1.3 ครูจะต้องบอกบอกข้อมูลย้อนกลับให้นักเรียนทันทีว่าคำตอบของนักเรียนถูกหรือผิด
- 1.4 ครูควรแสดงรูปภาพ “สี่เหลี่ยมจตุรัส” ที่มีขนาดต่างไปหรือสีต่างไปให้นักเรียนดู และถามให้นักเรียนบอกว่าคืออะไร
- 1.5 ถ้ามีความจำเป็นที่จะต้องสอนนักเรียนซ้ำตั้งแต่ขั้นหนึ่งถึงขั้นสี่ก็ควรจะทำเพื่อความแน่ใจว่านักเรียนได้เรียนรู้มโนคติที่ครูสอน

2. การสอนมโนคติประเภทการจัดกลุ่มขั้นต้น (Beginning Classification Level) มีขั้นตอนดังนี้

- 2.1 ครูยกตัวอย่างมโนคติที่ต้องการจะเสนอพร้อมกับสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างประมาณ 2-3 ชนิด
- 2.2 ช่วยหรือแนะให้นักเรียนใช้วิธีอนุมานหรืออุปมานเพื่อจะหาคุณลักษณะพิเศษของตัวอย่างที่ให้อู

2.3 ลองให้นักเรียนให้คำจำกัดความของตัวเองที่นำมาให้ดูด้วยตนเอง แม้ว่าคำจำกัดความจะไม่สมบูรณ์ก็ตาม

2.4 ให้นักเรียนชี้บอกตัวอย่างที่ถูกต้องที่อยู่ร่วมกับตัวอย่างที่ผิดได้

3. การสอนมโนมติขั้นที่มีวุฒิภาวะและขั้นสูง (Mature Classificatory and Formal Level) มีขั้นตอนดังนี้

3.1 เตรียมผู้เรียนให้มีความสนใจและใส่ใจในมโนมติที่จะเรียนรู้ โดยบอกชื่อมโนมติที่จะเรียน

3.2 ให้ตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนมติที่จะให้นักเรียนเรียนรู้ พร้อมๆ กัน โดยอาจใช้ของจริงหรือรูปภาพ

3.3 ช่วยให้นักเรียนใช้ความคิดในการตั้งคำถามที่จะทำให้สามารถบอกชื่อมโนมติที่จะเรียนรู้โดยครุณานำ

3.4 ช่วยให้ผู้เรียนใช้คำจำกัดความของมโนมติและคุณลักษณะที่สำคัญหรือวิกฤตของมโนมติจากคำพูดของนักเรียนเอง

3.5 ครูควรพยายามให้ผู้เรียนมีโอกาสใช้มโนมติที่เรียนรู้แล้วในการแก้ปัญหาต่อไป

3.6 ครูควรบอกให้ผู้เรียนทราบว่ามโนมติที่ผู้เรียนบอกมานั้นถูกหรือผิด

จากคำกล่าวของนักการศึกษาหลายท่าน พอสรุปได้ว่าการสอนให้นักเรียนเกิดมโนมตินั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น การเลือกวิธีการสอนของครูที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ กฎเกณฑ์และมองเห็นความจริงทางวิทยาศาสตร์ได้ลึกซึ้งและรวดเร็ว นอกจากนั้นผู้สอนจะต้องคำนึงถึงวิธีสอน ความพร้อมของนักเรียน ความรู้เดิมหรือประสบการณ์ของนักเรียนตลอดจนการใช้สื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมจึงจะประสบความสำเร็จ

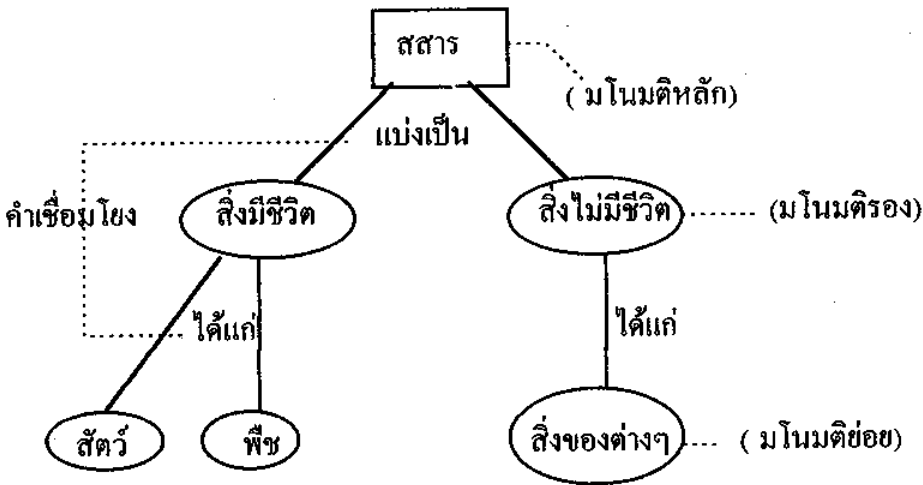
8. แผนภูมิมโนมติ

แผนภูมิมโนมติมีลักษณะเป็นแผนภูมิอย่างหนึ่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มมโนมติด้วยเส้นและคำเชื่อมโยงที่เหมาะสม ทำให้สามารถอ่านความสัมพันธ์จากแผนภูมิมโนมตินั้นเป็นข้อความหรือประโยคที่มีความหมายได้ (มณีศ บุญประกอบ, 2533 : 26) ซึ่งออสเชเบล (Ausubel อ้างถึงใน กิ่งฟ้า สินธุวงษ์, 2537ก : 116) ได้เสนอวิธีการนำเสนอเนื้อหาที่อาจนำมาใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้แผนผังมโนมติซึ่งจะช่วยในการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างมโนมติ 2

มโนคติหรือมากกว่า โดยมีคำเชื่อมโยงจากมโนคติหลักกับมโนคติรองเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องเป็นลำดับง่ายต่อการเข้าใจความหมายของมโนคติหลัก เมื่อผู้เรียนศึกษาแผนผังมโนคติแล้ว จะสามารถเข้าใจได้ทันทีว่าความรู้ที่มีอยู่เดิมนั้นเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กับความรู้ใหม่อย่างไร และเมื่อผู้เรียนศึกษาแผนผังมโนคติต่อไปจนจบ ก็จะสามารถลำดับเนื้อหาและเข้าใจความหมายได้โดยไม่ต้องอาศัยวิธีการอธิบาย หรือการอ่านจากข้อความยาวๆ

แผนผังมโนคติเป็นเครื่องมือ (Tool) ที่แสดงให้เห็นโครงสร้างของความรู้ (Knowledge Structure) และสามารถช่วยให้การสอนของผู้สอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งออบูเบลใช้ในความหมายว่าการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning) แผนผังมโนคตินำมาใช้ได้อย่างได้ผลสำหรับการเรียนรู้ที่มีความหมาย

ตัวอย่างของแผนภูมิมโนคติ เช่น



ในปี ค.ศ.1991 โนวักและมุซอนด์ (Novak and Musonda อ้างถึงใน กิ่งฟ้า สินธุวงษ์, 2537ช : 119) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแผนผังมโนคติในการนำมาเป็นเครื่องมือในการสอน หรือ เครื่องช่วยสอนของครู (Instructional Tool) ผลการศึกษาพบว่า โดยทั่วไป แผนผังมโนคติมีผลทางบวกต่อความสามารถในการเรียนรู้และเจตคติของผู้เรียน โดยพบว่า มีผลทางบวกในระดับสูงมากต่อเจตคติของผู้เรียนบางกลุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่า ประสิทธิภาพของแผนผังมโนคติที่ผู้สอนเป็นผู้สร้าง กับแผนผังมโนคติที่ให้ผู้เรียนสร้างขึ้นเอง มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

สรุปได้ว่าแผนผังมโนคติ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้มโนคติหรือหลักการของเนื้อหาวิชาใดวิชาหนึ่งอย่างมีความหมาย โดยการเชื่อมโยงความรู้ในวิชานั้นกับ

ประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ แล้วสร้างเป็นแผนผังของความเข้าใจในเนื้อหาอย่างมีลำดับขั้นตอน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ในเวลารวดเร็ว มองเห็นความเชื่อมโยงอย่างแจ่มชัดและสามารถจดจำได้นาน

มโนคติที่คลาดเคลื่อน

1. ความหมายของมโนคติที่คลาดเคลื่อน

มโนคติที่คลาดเคลื่อน ในงานวิจัยนี้ ใช้แทนคำในภาษาอังกฤษที่มีผู้ใช้คำต่างๆ ดังนี้ Misconceptions (Helm, 1980 & Novak, 1983), Preconceptions (Ausubel, 1968 ; Osborne & Freyberg, 1985) , Alternative conceptions (Osborne and Gilbert, 1980) , Native belief (Caramazza, McCloskey, Green, 1981) , Erroneous concept (Fisher, 1983) , Alternative frameworks (Driver and Easley , 1983 อ้างถึงใน นภาพร แถวโนนจิว, 2537 : 26-27)

พีเทอร์สันและทรีกัส (Peterson and Treagust, 1989a : 301) กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนคติที่แตกต่างไปจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับและความมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์ อันมีสาเหตุมาจากการสอน

วันเดอร์ซี (Wandersee, 1986 : 581) ให้ความเห็นว่ามโนคติที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนคติที่เกิดจากการตีความไปในทางที่ ไม่ได้ได้รับการยอมรับ ซึ่งบางครั้งการตีความนั้นไม่ถึงกับผิด

เฮลม์ (Helm, 1980 : 92) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิดความเข้าใจของนักเรียนซึ่งแตกต่างไปจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับในทางวิทยาศาสตร์

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์ (2523 : 10-11) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับมโนคติที่คลาดเคลื่อน โดยสรุปว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อนเป็นการสั่งสมหรือสรุปความคิดที่ผิดพลาด เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้เรื่องใหม่ ทำให้เกิดการเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่ช้าลงไป ไม่บังเกิดผล

สุชาติ โสภประยูร (2512 : 27) กล่าวว่ามโนคติที่คลาดเคลื่อนเป็นความเชื่อและความเข้าใจผิด เกิดจากแนวคิดซึ่งได้มาจากประสบการณ์หรือความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ไม่มีเหตุผลเพียงพอ และปราศจากพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่ามโนคติที่คลาดเคลื่อนเป็นความคิด ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง และไม่สมบูรณ์ และเป็นแนวความคิดที่แตกต่างไปจากแนวความคิดที่ได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์

2. ลักษณะของมโนคติที่คลาดเคลื่อน

ฟิชเชอร์ (Fisher, 1985 : 53-54) ได้กล่าวว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อนมักมีลักษณะ ดังนี้

1. เป็นมโนคติที่คลาดเคลื่อนไปจากมโนคติของผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญในแขนงวิชานั้นๆ
2. มโนคติที่คลาดเคลื่อนเพียงเรื่องเดียวหรือจำนวนหนึ่ง จะขยายออกไปได้ เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลจำนวนมาก
3. มโนคติที่คลาดเคลื่อนจะขยายวงกว้างออกไปจากเรื่องที่ยังไปสู่เรื่องที่ยากขึ้น และมโนคติที่คลาดเคลื่อนจำนวนไม่น้อยที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลงแก้ไขหรือแก้ไขได้น้อยมาก ถ้าใช้วิธีการสอนแบบดั้งเดิม
4. มโนคติที่คลาดเคลื่อนบางเรื่อง เกี่ยวข้องกับความเชื่ออื่นๆ ซึ่งเกี่ยวโยงกันอย่างเป็นระบบ และทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ในชีวิตของเขาด้วย
5. มโนคติที่คลาดเคลื่อนบางเรื่องเป็นสิ่งที่ถ่ายทอดกันมาแต่อดีต จากผู้ที่เป็นผู้นำทางความรู้ในแขนงวิชานั้นๆ แล้วถูกถ่ายทอดมาสู่นักเรียน

3. สาเหตุการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่านได้พยายามวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนไว้ดังนี้

ซิมสันและมาร์เร็ก (Simson and Marek, 1988 : 362) กล่าวว่า ประสพการณ์ในโรงเรียนไม่ใช่สาเหตุเดียวที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนหรือเข้าใจผิด (Misunderstanding) แต่อาจเกิดจากคำอธิบายของผู้ใหญ่ที่ขาดความเข้าใจในมโนคตินั้นอย่างดีพอ แล้วทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจผิด โดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์

มโนคติที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจากนักเรียนไม่สามารถได้รับประสบการณ์ตรงในเนื้อหาวิชานั้น แต่ต้องอาศัยจินตนาการทำให้นักเรียนอาจเกิดจินตนาการที่ผิดไปจากที่เป็นจริงได้ ดังเช่นที่ ฟิชเชอร์ (Fisher, 1985 : 54) ได้กล่าวถึงสาเหตุของการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนในการเรียนวิชาชีววิทยาไว้ว่ามโนคติที่คลาดเคลื่อน อาจเกิดจากนักเรียนไม่สามารถได้รับประสบการณ์

ตรงในเนื้อหาวิชานั้นๆ แต่ต้องอาศัยการจินตนาการ ทำให้นักเรียนอาจเกิดจินตนาการที่ผิดไปจากที่เป็นจริงได้ เช่น ได้กล่าวถึงการเรียนชีววิทยาว่านักเรียนมักจะมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาชีววิทยาระดับโมเลกุล ทั้งๆที่การศึกษาปฏิบัติการต่างๆของโมเลกุลมีมานานแล้วก็ตาม แต่ปฏิบัติการของโมเลกุลส่วนใหญ่หรือทั้งหมด ไม่สามารถสังเกตเห็นด้วยตาได้ ดังนั้นนักเรียนจึงไม่สามารถสร้างหรือสะสมประสบการณ์ได้ เนื่องจากไม่สามารถเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆที่นักเรียนเคยมีประสบการณ์มาก่อนได้ ดังนั้นนักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยาจึงมักไม่เข้าใจในเรื่องนี้ และนำไปสู่การเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนได้

ออสบอร์นและเฟรย์เบิร์ก (Osborne and Freyberg, 1985 : 27) ได้วิเคราะห์ได้ผลสรุปว่า มโนคติที่เกิดขึ้นจริงในตัวนักเรียนจะแตกต่างจากมโนคติที่ครูต้องการให้นักเรียนมี เป็นเหตุให้นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ซึ่งมีมโนคติที่นักเรียนมักจะเข้าใจคลาดเคลื่อนจากที่ครูต้องการได้แก่ 1). มโนคติที่ได้จากตำราเรียน 2). มโนคติที่เกิดจากการแก้ปัญหาทางด้านวิทยาศาสตร์ 3). มโนคติที่เกิดจากการทำกิจกรรม 4). มโนคติที่ได้จากการสรุปความรู้ต่างๆ

ฮอลลอนและเฮสทินส์ (Halloun and Hestenes, 1985 : 1056-1065) ได้ให้ความเห็นโดยสรุปเกี่ยวกับสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่า บางครั้งการแปลความหมายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติตามความเชื่อของนักปราชญ์ในอดีต เป็นผลให้นักเรียนเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้นๆได้ ซึ่งความคิดดังกล่าว ได้รับการสนับสนุนจากผลการวิจัยของวันเดอร์ซี (Wandersee, 1986 : 581-597) ที่พบว่า นักเรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษา จนถึงระดับวิทยาลัย ยังมีความเชื่ออย่างฝังใจเช่นเดียวกับอริสโตเติลที่กล่าวว่า ดินคืออาหารของพืช

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon Kiokaew, 1989 : 15-18) ได้สรุปถึงการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าน่าจะมาจากสาเหตุ 4 ประการคือ ตำราเรียน, การพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของนักเรียน, ภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร, และครู ดังนี้

1. ตำราเรียน ชมิดท์ (Schmidt, 1987 : 396-404 quoted in Suwimon Kiokaew, 1989 : 15) ได้วิเคราะห์หนังสือแบบเรียนวิชาเคมีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในประเทศสาธารณรัฐเยอรมัน ในด้านการนำเสนอมโนคติเรื่องคำร้อยละของมวล พบว่า หนังสือไม่ได้ให้ความหมายของคำร้อยละโดยมวลอย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนบางคนไม่ได้สังเกตความแตกต่างระหว่างคำว่าอัตราส่วนโดยมวลกับคำว่าร้อยละโดยมวล ซึ่งมีผลให้นักเรียนคิดความหมายของคำว่าร้อยละโดยมวลขึ้นเอง และมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้เกิดขึ้น

2. การพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของนักเรียน ในการที่นักเรียนจะศึกษามโนคติในบางเรื่องให้เข้าใจทั้งหมด จะต้องอาศัยวุฒิภาวะและการพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของนักเรียน

ด้วย เช่น จากการวิจัยของชมิทท์ (Schmidt, 1987 : 396-404 quoted in Suwimon Kiokaew, 1989 : 16) พบว่าในการคำนวณเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ บางครั้งนักเรียนต้องใช้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสามตัว คือ มวล มวลต่อโมล และจำนวน โมล แต่นักเรียนหลายคนต้องการให้การคำนวณง่ายขึ้น จึงใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรเพียงสองตัวเท่านั้น ทำให้ได้คำตอบผิด ซึ่งผลการค้นพบดังกล่าว สอดคล้องกับการค้นพบของเพียเจต์ที่ว่า ความสามารถในการกระทำกับตัวแปรสามตัวแปรเป็นตัวบ่งชี้พัฒนาการในขั้น Formal Operation ของนักเรียน

3. ภาษา นักเรียนมักนำภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันมาปะปนกับศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ คำบางคำในชีวิตประจำวัน กับในทางวิทยาศาสตร์ใช้คำเดียวกัน แต่ความหมายไม่เหมือนกัน นักเรียนมักนำคำที่ใช้ทางวิทยาศาสตร์ ไปเทียบความหมายกับคำที่ใช้ในชีวิตประจำวัน จึงเป็นเหตุให้นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน เช่น ในวิชาเคมี ความหมายของคำว่า อิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ร่วมกัน (Shared Electron Pair) หมายถึง อิเล็กตรอนคู่ที่เคลื่อนที่อยู่ระหว่างอะตอมสองอะตอมในโมเลกุล แต่โดยทั่วไป คำว่า “ร่วมกัน” (to Share) หมายถึง การเป็นเจ้าของหรือการใช้หรือการออกทนต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดร่วมกัน ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของครูที่จะชี้ให้เห็นความแตกต่างระหว่างภาษาในชีวิตประจำวันและภาษาที่เป็นบริบท (Context) ทางวิทยาศาสตร์ของคำๆ เดียวกัน เมื่อใช้เนื้อหาของวิชาการกับเมื่อใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ครูและนักศึกษาฝึกสอน ครูบางคนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องที่ตนเองสอน แม้กระทั่งในมโนคติพื้นฐาน เช่นจากการศึกษาของอามอร์และทามอร์ (Amir and Tamir, 1985) พบว่านักศึกษาฝึกสอนมีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสารละลาย ดังนั้นถ้าครูมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนแล้ว จะถ่ายทอดมโนคติที่คลาดเคลื่อนนี้สู่นักเรียน จึงทำให้นักเรียนได้รับการถ่ายทอดมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้น และจากการศึกษาของกาเบล และคณะ (Gabel et al., 1987 : 695-697 quoted in Suwimon Kiokaew, 1989 : 17) พบว่าครูจำนวนร้อยละ 60 ได้ศึกษาเรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสารมาตั้งแต่ระดับมัธยมปลายจนถึงระดับวิทยาลัย แต่ครูก็ยังมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าว

สุวัฒน์ มุทรมธธา (2523 : 57) กล่าวถึงสาเหตุของการเกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน โดยสรุปได้ว่า การสร้างมโนคติของบุคคลแต่ละคน เป็นผลจากการที่บุคคลนั้นสรุปลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นๆ ไม่รวมลักษณะปลีกย่อยหรือรายละเอียดต่างๆ ที่ไม่จำเป็น ตลอดจนแยกลักษณะที่แตกต่างของสิ่งนั้นออกจากสิ่งอื่นได้ ดังนั้นการที่บุคคลไม่สามารถแยกลักษณะแตกต่างได้ ทำให้การสร้างมโนคติไม่ถูกต้อง

โดยสรุปแล้ว สาเหตุที่ทำให้เกิดมโนคติที่คลาดเคลื่อน เกิดจากความเชื่อตามผู้ทรงคุณวุฒิ หรือนักปรัชญาในอดีต เนื้อหาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรม ทำให้เกิดการจินตนาการที่ผิด ตำราเรียนที่เขียนไม่ชัดเจน หรือให้ความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ความแตกต่างระหว่างภาษาที่ใช้ในทางวิชาการ กับที่ใช้ในชีวิตประจำวัน วุฒិภาวะ และพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของผู้เรียนและการอธิบายที่ไม่ชัดเจนของครูผู้สอน

4. มโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับต่าง ๆ นั้น มีปัญหาและอุปสรรคหลายประการที่ทำให้นักเรียนไม่สามารถเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างถ่องแท้ แต่มีโอกาสน้อยที่ได้รับทราบแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น สาเหตุประการหนึ่งในหลายๆสาเหตุก็คือ นักเรียนมีแนวความคิด ความเชื่อในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น และอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้น ตามความรู้สึกรู้สึกของตนเอง โดยคำอธิบายนั้นแตกต่างจากแนวความคิดที่นักวิทยาศาสตร์จะยอมรับได้ ซึ่งนักการศึกษาวิทยาศาสตร์เรียกสิ่งเหล่านี้ว่า มโนคติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) (สุวิมล เขี้ยวแก้ว, 2540 : 52) ตัวอย่างเช่น นักเรียนคิดว่า กะหล่ำปลีเป็นผัก แต่ไม่ใช่พืช และเมื่อได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์แล้ว ครั้นเวลาผ่านไปก็ยังคงมีความแตกต่างระหว่างความคิดของนักเรียนกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์อยู่นั่นเอง ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งในยุโรปและอเมริกา ต่างเห็นความสำคัญของมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพราะเชื่อว่า ถ้าครูสามารถค้นพบได้วก่อนที่จะเรียนนั้น นักเรียนมีความรู้ ความคิด เกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนอย่างไร ครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะสามารถช่วยป้องกันและขจัดมโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนั้น (Fisher : 1985 อ้างถึงในสุวิมล เขี้ยวแก้ว, 2540 : 55) ได้สรุปลักษณะที่คลาดเคลื่อนไว้ดังนี้

1. แตกต่างจากความคิดของผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น
2. นักเรียนจะมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในบางเรื่องที่ตรงกัน เช่น ดวงจันทร์มีหลายดวง คาร์บอน 1 อะตอมหนัก 12 กรัม อาหารของพืชคือดิน
3. มีความคงทนไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยการสอนแบบธรรมดา
4. มโนคติที่คลาดเคลื่อนบางอย่าง เป็นแนวความคิดที่ตรงกับนักวิทยาศาสตร์ในสมัยก่อน เช่น โลกแบน

5. มโนคติที่คลาดเคลื่อน จะเป็นแนวทางในการอธิบายปรากฏการณ์ มีความคิดเชิงตรรกศาสตร์ อย่างเป็นระบบ แต่ไม่ถูกต้อง เช่น $2 \times 2 = 4$, $2 + 2 = 4$ ดังนั้นสรุปได้ว่า

$$2 \times 2 = 2 + 2$$

5. การวัดมโนคติที่คลาดเคลื่อน

วิธีที่นิยมใช้ในการวัดมโนคติที่คลาดเคลื่อนคือการสัมภาษณ์ ซึ่งอาจจะใช้ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด (Osborne and Gilbert, 1980 : 311 quoted in Peterson and Treagust, 1989b : 459) วิธีนี้เริ่มต้นด้วยการใช้คำถามนำและเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบคำถามนั้นได้ในรูปแบบต่างๆ ทั้งโดยการสนทนา, การเขียนตอบ, และการวาดรูป เป็นต้น หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์จากคำตอบที่ได้เพื่อตรวจหา มโนคติที่คลาดเคลื่อน ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้วิธีนี้ได้แก่ งานวิจัยของแซงเจอร์และกรีนโบว์ (Sanger and Greenbowe, 1997 : 377-398) ซึ่งศึกษามโนคติที่มักจะคลาดเคลื่อนในเรื่องไฟฟ้าเคมี, งานวิจัยของเฮส (Hesse, 1992 : 277-299) ซึ่งศึกษามโนคติของนักเรียนในเรื่องการเปลี่ยนแปลงทางเคมี, งานวิจัยของนัคเลห์และเครจซิก (Nakhleh and Krajcik, 1994 : 495-499) ซึ่งศึกษาความเข้าใจของนักเรียนต่อรูปทรงขององค์ประกอบของสสารในเรื่องกรด-เบส, งานวิจัยของนภาพร แถวโนนจิว (2537) ซึ่งวิเคราะห์ห่มโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์เรื่องโลกสีเขียว เป็นต้น การวิเคราะห์คำตอบจากการสัมภาษณ์อาจจะทำได้โดยการสร้างแผนผังมโนคติจากคำตอบของนักเรียน แล้วให้คะแนนสำหรับแผนผังมโนคติของนักเรียนแต่ละคน ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้วิธีนี้ในการวิเคราะห์ห่มโนคติที่คลาดเคลื่อนได้แก่ งานของนัคเลห์ (Nakhleh, 1994 : 1077-1096) ซึ่งศึกษาถึงอิทธิพลของระดับเทคโนโลยีของการสื่อข้อมูลในการสอนต่อความเข้าใจในมโนคติเรื่องกรด, เบส, และพีเอช เป็นต้น

แม้ว่าการสัมภาษณ์จะเป็นวิธีที่สามารถเข้าถึงนักเรียนได้ดี แต่เป็นวิธีการที่ใช้เวลามาก โดยเฉพาะถ้าต้องใช้กับนักเรียนจำนวนมากๆ อีกทั้งผู้สัมภาษณ์ที่มีคุณภาพจะต้องได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี อีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ห่มโนคติที่คลาดเคลื่อน แม้ว่าค่อนข้างจะซับซ้อน ทำได้โดยวิเคราะห์อุปสรรคที่นักเรียนมีต่อการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หนึ่งๆ อีกวิธีหนึ่งที่ใช้วัดมโนคติที่คลาดเคลื่อน มีลักษณะเป็นแบบทดสอบหลายตัวเลือก ซึ่งต่างจากแบบทดสอบหลายตัวเลือกที่ใช้วัดผลทางด้านเนื้อหา ตรงที่แบบทดสอบนี้แต่ละข้อประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนแรกมีลักษณะเช่นเดียวกับข้อสอบวัดผลด้านเนื้อหา และมีส่วนที่สองซึ่งเป็นตัวเลือกของเหตุผลที่นักเรียนใช้ตอบคำถามด้านเนื้อหา โดยในตัวเลือกเหล่านี้ประกอบด้วยเหตุผลที่ถูกต้อง และเหตุผลอื่นๆ ซึ่ง

เหตุผลต่างๆเหล่านี้ได้มาจากการสัมภาษณ์และจากข้อเขียนตอบต่อคำถามปลายเปิดของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างจำนวนหนึ่ง ตัวอย่างงานวิจัยที่วัดมโนคติที่คลาดเคลื่อนโดยวิธีนี้ได้แก่ งานของ พิเตอร์สันและทรีกัสท์ (Peterson and Treagust, 1989b : 459-460) ซึ่งศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อน เรื่องพันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างโมเลกุลของนักเรียนเกรด 12

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้มีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับมโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีทั้งในประเทศและต่างประเทศไว้ดังนี้

1. งานวิจัยในประเทศ

วรารณ ธิรสิริ (2533 : บทคัดย่อ) ทำการศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2532 สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 108 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบวัดมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 2 ฉบับ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 57 มโนคติ ในบทเรียนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สสารและการเปลี่ยนแปลง ปริมาณสารสัมพันธ์ 1 ปริมาณสารสัมพันธ์ 2 และสมบัติของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของธาตุและโครงสร้างอะตอม วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า

1. บทเรียนที่มีจำนวนข้อความมโนคติที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากรมากที่สุดคือ บทเรียนเรื่อง สมบัติของสสาร ในหัวข้อ ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ บทเรียนที่มีจำนวนข้อความมโนคติที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างรองลงมาคือ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ 1 ในหัวข้อเรื่องโมล

2. ค่าร้อยละของตัวอย่างประชากรที่ตอบข้อความมโนคติที่คลาดเคลื่อน มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 26.13-44.14 และข้อความมโนคติที่คลาดเคลื่อนซึ่งมีตัวอย่างประชากรส่วนใหญ่เลือกตอบคือ ข้อความในหัวข้อเรื่อง โมล ที่กล่าวว่า “ก๊าซ จำนวน 1 โมล มี 6.02×10^{23} อะตอม”

นภาพร แดวโนนจิว (2537 : บทคัดย่อ) ศึกษาการวิเคราะห์ห่ม มโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ เรื่องโลกสีเขียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนหนองสังข์วิทยายน อำเภอแก่งศรีภูมิ จังหวัดชัยภูมิ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ห่ม มโนคติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

เรื่องโลกสีเขียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนหนองสังข์วิทยายน อำเภอแก้งคร้อ จังหวัดชัยภูมิ จำนวน 103 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนดังนี้คือ

1. มโนคติเรื่องบทบาทของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการสังเคราะห์แสงของพืช คิดเป็นร้อยละ 57.28 นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือมโนคติเรื่องหน้าที่ของใบในการสังเคราะห์แสงของพืช คิดเป็นร้อยละ 10.67

2. มโนคติเรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ มโนคติเรื่องหน้าที่ของใบในการคายน้ำของพืช คิดเป็นร้อยละ 52.42 นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ มโนคติเรื่องการแพร่ คิดเป็นร้อยละ 27.18

3. มโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนหญิงและนักเรียนชายไม่แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นมโนคติเรื่องหน้าที่ของใบในการคายน้ำของพืช นักเรียนหญิงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (ร้อยละ 63.46) มากกว่านักเรียนชาย (ร้อยละ 41.17)

โสภภาพรรณ แสงศัพท์, ถัดดาวรรณ เจริญศักดิ์ศิริ, และ นภาพร บรรพพงศ์ (2525 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษามโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โปรแกรมวิทยาศาสตร์ และนักศึกษาวิทยาลัยครู เพื่อศึกษามโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ ที่มีในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โปรแกรมวิทยาศาสตร์และนักศึกษาวิทยาลัยครูวิชาเอกทางวิทยาศาสตร์ว่า เมื่อได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น จะมีผลต่อมโนภาพที่คลาดเคลื่อนอย่างไร เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามเพื่อสำรวจมโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์แบบ ถูก-ผิด ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยพบว่า

1. ในแต่ละกลุ่มของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และกลุ่มนักศึกษาวิทยาลัยครู การที่ได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ทำให้มโนภาพที่คลาดเคลื่อนบางมโนภาพลดลง

2. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ระหว่างมโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับนักศึกษาวิทยาลัยครู

ฐิติมา สุขภิมนตรี (2531 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชายกับนักเรียนหญิง ตลอดจนเปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2531 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 318 คน จากโรงเรียน 11 โรงเรียน มโนคติที่ศึกษาเป็นมโนคติจากบทเรียนวิชาชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 บทเรียน คือ

การสร้างอาหารของพืช การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การสืบพันธุ์ และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบที่นักเรียนเลือกจำนวน 35 ข้อ และแบบอธิบาย จำนวน 4 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในบทกล่ากลึงสารเข้าและออกจากเซลล์ การสืบพันธุ์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ค่อนข้างสูง ส่วนการสร้างอาหารของพืช นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนค่อนข้างต่ำ

2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 ยกเว้นมโนคติเรื่องการแพร่ ผลผลิตที่ได้จากการสร้างอาหารของพืช พบว่า นักเรียนชายมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิง

3. นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกัน มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ยกเว้นมโนคติเรื่องการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ การสืบพันธุ์ของสัตว์ ลักษณะทางพันธุกรรม ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย การถ่ายทอดลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ มัลติเปิลอัลลีล พบว่า นักเรียนในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกันมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

กรรณิกา แจ่มมั่นไว (2534 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการวิเคราะห์มโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2534 ในเขตกรุงเทพมหานคร ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2534 ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 330 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 1 ฉบับ ผลการวิจัยพบว่า

1. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ของตัวอย่างประชากรทั้งหมด 5 มโนทัศน์ ซึ่งอยู่ในหัวข้อเรื่อง การกระจายของแสง ตาและการมองเห็นสี การผสมสารสี การซ้อนทับของคลื่น และการสะท้อนของคลื่น

2. ค่าร้อยละของตัวอย่างประชากรที่เลือกตอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 5 มโนทัศน์ มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 25.15 - 37.87

ไกรรักษ์ โชติรัตน์ (2537 : บทคัดย่อ) ศึกษาโนภาพที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดสระแก้ว กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ในจังหวัดสระแก้ว จำนวน 367 คน ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมีมโนภาพที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าทุกหัวข้อ ได้แก่ หัวข้อ การใช้พลังงานในชีวิตประจำวัน การผลิตกระแสไฟฟ้า การวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้ากับความต้านทานไฟฟ้า การต่อเครื่องใช้ไฟฟ้ากับวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและการคิดค่าไฟฟ้า

2. นักเรียนหญิงและนักเรียนชายมีมโนภาพที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05

3. นักเรียนในโรงเรียนขนาดต่างกันมีมโนภาพที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05

รัตน์สุณี เลิศขวลิตสกุล (2532 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนในเขตเมืองกับเขตชนบท โดยใช้ตัวอย่างประชากรทั้งสิ้น 809 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้นหลายชั้นตอน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ตัวอย่างประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนในเขตเมือง ได้คะแนนมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉลี่ยร้อยละ 59.23 ของตัวอย่างประชากร

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนในเขตเมืองมีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสูงกว่านักเรียนในโรงเรียนในเขตชนบทอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

2. งานวิจัยในต่างประเทศ

ในต่างประเทศได้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับมโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีไว้หลายท่าน ดังนี้

แบนเนอร์จี (Banerjee, 1991 : 487-497) ได้ทำการศึกษาโนมคติที่คลาดเคลื่อนในหัวข้อต่างๆเกี่ยวกับสมดุลเคมี โดยใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบที่สร้างและพัฒนาขึ้นมา กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักศึกษาเคมี 162 คน และครูเคมี 69 คน จากผลการศึกษาพบว่าคำตอบที่ได้จากแบบทดสอบ

แสดงให้เห็นถึงมโนคติที่คลาดเคลื่อนทั้งในครูและนักเรียนในหัวข้อต่อไปนี้คือ การทำนายสภาวะสมดุล, อัตราการเกิดปฏิกิริยาและสมดุล, การประยุกต์ใช้หลักการของสมดุลในชีวิตประจำวัน, กรด-เบส และสารละลายไอออนิกในน้ำ

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon Kiokaew, 1989 : abstract) ได้ศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างโมเลกุลของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะศึกษาศาสตร์และคณะวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2531 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จำนวนทั้งหมด 177 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์จำนวน 111 คนและนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์จำนวน 66 คน ตามลำดับ โดยมีจุดประสงค์เพื่อสำรวจและเปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างโมเลกุลของนักศึกษาชายกับนักศึกษาหญิง ตลอดจนเปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์กับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การวิจัยนี้ยังมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนวิชาเคมีที่นักศึกษาสอบได้ตอนเข้ามหาวิทยาลัยกับคะแนนมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าว ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดมโนคติที่คลาดเคลื่อนของเพทเทอร์สันและคณะ ซึ่งเป็นแบบทดสอบเลือกตอบ มีจำนวนทั้งหมด 15 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักศึกษาทั้งคณะศึกษาศาสตร์และคณะวิทยาศาสตร์มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะโคเวเลนต์และโครงสร้างโมเลกุล
2. นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์
3. นักศึกษาชายและนักศึกษาหญิงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 แต่นักศึกษาชายและนักศึกษาหญิงที่ศึกษาในคณะที่ต่างกัน มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. คะแนนวิชาเคมีที่นักศึกษาสอบได้ตอนเข้ามหาวิทยาลัยมีความสัมพันธ์กับคะแนนมโนคติที่คลาดเคลื่อน

นัคเลห์และเครจซิก (Nakhleh and Krajcik, 1994 : 1077-1096) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของระดับเทคโนโลยีของการสื่อข้อมูลในการสอนต่อความเข้าใจในมโนคติเรื่องกรด-เบส, และพีเอช โดยเลือกนักเรียนมัธยมปลายจำนวนหนึ่งผ่านการเรียนเรื่องกรด-เบส นำมาวิเคราะห์ความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคนในมโนคติเรื่องกรด-เบส โดยวิธีการสร้างแผนภูมิมโนคติจากคำพูดของนักเรียนในการสัมภาษณ์ ทั้งก่อนและหลังจากให้นักเรียนทำปฏิบัติการไทเทรตกรด-เบส เมื่อได้ทำการสัมภาษณ์ก่อนการปฏิบัติการแล้ว ได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ทำการไทเทรตโดย

ใช้อินดิเคเตอร์ทางเคมี, กลุ่มที่ใช้พีเอชมิเตอร์, และกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีในการแสดงผลค่าพีเอช ณ จุดต่างๆของการไทเทรต บนหน้าจอกอมพิวเตอร์ และให้ทำการทดลองไทเทรต แล้วทำการสัมภาษณ์อีกครั้งหนึ่ง พบว่ากลุ่มนักเรียนที่ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการสื่อข้อมูลมีคะแนนจากแผนภูมิโมโนมิติเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ใช้อินดิเคเตอร์ทางเคมี และกลุ่มที่ใช้พีเอชมิเตอร์ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ให้เหตุผลไว้ว่าการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการสื่อข้อมูลของการทดลอง ทำให้นักเรียนติดตามการเปลี่ยนแปลงของพีเอชในระหว่างการไทเทรตได้อย่างละเอียดมากกว่า อีกทั้งยังรับรู้ถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของพีเอชเทียบกับปริมาตรที่เติมลงไปด้วย กลุ่มที่ใช้อินดิเคเตอร์ทางเคมีซึ่งจะเห็นการเปลี่ยนแปลงเฉพาะช่วงของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายมากกว่า อันที่จริง ผู้วิจัยมีสมมติฐานว่ากลุ่มที่ใช้พีเอชมิเตอร์น่าจะสร้างความเข้าใจได้ดีกว่ากลุ่มที่ใช้อินดิเคเตอร์ทางเคมี แต่ผลออกมากลับกัน ผู้วิจัยให้เหตุผลว่าอาจจะเป็นเพราะกลุ่มที่ใช้อินดิเคเตอร์ทางเคมีได้รับข้อมูลบางอย่างเพิ่มเติมขึ้นในระหว่างการสัมภาษณ์ เนื่องจากในการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มนี้ มีการใช้อินดิเคเตอร์ทางเคมีเพื่อหยั่งความเข้าใจในเรื่องกรด-เบส ด้วย

นักเลห์และเครจซิก ได้ให้ข้อสรุปไว้ว่า ระดับของการสื่อข้อมูลที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีที่ต่างกัน มีผลต่อความเข้าใจในเรื่องกรด-เบส ของผู้เรียน, นักเรียนไม่สามารถแสดงการเชื่อมโยงระหว่างความเข้าใจในระดับมหภาคเข้ากับความเข้าใจในระดับจุลภาคและระบบสัญลักษณ์, นักเรียนมักจะโยงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนกับเพียงไม่กี่แนวความคิดหลัก เป็นต้น

วิธีการที่นักเลห์และเครจซิก ใช้ในการวัดมโนคติและมโนคติที่คลาดเคลื่อนคือ การสัมภาษณ์ โดยตั้งคำถามต่างๆเกี่ยวกับเรื่องกรด, เบส, และพีเอช ให้นักเรียนตอบ จากข้อมูลที่ได้จากบทสัมภาษณ์ นำมาวิเคราะห์และเขียนเป็นแผนภูมิโมโนมิติขึ้น และทำการประเมินผลจากแผนภูมิโมโนมิติของนักเรียนแต่ละคนโดยมีหลักเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้คือ แต่ละความสัมพันธ์หรือมโนติย่อย (Propositional Relationship) ที่ยอมรับได้ ที่ไม่เกิดการเชื่อมโยง (Cross Linking) นับเป็น 1 คะแนน ถ้ามีความสัมพันธ์อันหนึ่งอันใดที่ยอมรับไม่ได้ แม้ว่าความสัมพันธ์อื่นๆที่ต่อจากความสัมพันธ์นั้นจะยอมรับได้ ก็จะไม่นับคะแนนของความสัมพันธ์ที่ตัดจากจุดที่ยอมรับไม่ได้เหล่านั้นเข้าเป็นคะแนนรวม การเชื่อมโยงถือว่ามีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ ความสัมพันธ์ที่จะนับได้ว่าเป็นการเชื่อมโยงนั้นมี 2 ลักษณะ ลักษณะแรกคือนักเรียนสามารถโยงความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มโนติย่อย (นักเลห์และเครจซิก เรียกว่า Nodes) ที่มาจากเส้นทางต่างกันบนแผนภูมิโมโนมิติ ลักษณะที่สองคือนักเรียนสามารถเชื่อมต่อระหว่างสองมโนติหลัก จากการที่การเชื่อมโยงแสดงให้เห็นถึงการบูรณาการของความรู้ จึงให้ 10 คะแนน สำหรับแต่ละการเชื่อมโยงที่ยอมรับได้ คะแนนรวมของแผนภูมิโมโนมิติได้จากการรวมคะแนนที่ได้

จากแต่ละส่วนของแผนผังมโนคติ โดยจะต้องทำการตรวจสอบอย่างละเอียดเพื่อไม่ให้เกิดการนับคะแนนซ้ำ เช่น เมื่อกล่าวถึงกรด นักเรียนอาจจะกล่าวว่ากรดสะเทินกับเบส และเมื่อกล่าวถึงเบส นักเรียนอาจจะกล่าวว่า เบสสะเทินกับกรด ซึ่งทั้งสองคำกล่าวนี้ถือว่าเหมือนกัน จึงนับคะแนนเพียงครั้งเดียว

นักเลห์และเครจจิก ได้ใช้วิธีตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในสาขา 4 คน สร้างแผนภูมิมโนคติ และให้คะแนนแผนภูมิมโนคติ พบว่าได้คะแนนไม่แตกต่างกันในระหว่าง 4 ผู้เชี่ยวชาญ จึงถือว่าบทสัมภาษณ์นี้มีค่าความเชื่อมั่นที่ดี จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญนั้น มโนคดีย่อยใดที่เหมือนกันระหว่างผู้เชี่ยวชาญ จะถือว่าเป็นมโนคติที่มีความสำคัญมาก จึงเรียกว่า มโนคติหลักที่สำคัญ (Essential Critical Nodes) ซึ่งหมายถึงมโนคติที่มีความสัมพันธ์ต่างๆเชื่อมต่อกับมโนคตินี้เป็นจำนวนค่อนข้างมาก ในทางปฏิบัติแล้วกำหนดเอามโนคติที่มีเส้นโยงความสัมพันธ์เข้าหามโนคตินี้เป็นจำนวน 3 เส้นขึ้นไป ถือเป็นมโนคติหลักที่สำคัญ แต่จะไม่นับเส้นความสัมพันธ์ที่ลากออกจากมโนคติ เนื่องจากเส้นที่ออกจากมโนคติไม่ได้แสดงถึงการบูรณาการทางความคิด

ชมิคท์ (Schmidt, 1991 : 459-472) ได้ศึกษามโนคติในเรื่องการสะเทิน จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกว่า 7,500 คน ในเรื่องการสะเทิน พบว่านักเรียนจำนวนมากเข้าใจผิดว่าปฏิกิริยาการสะเทินทุกชนิดให้สารละลายที่เป็นกลาง แม้ว่าจะเป็นการสะเทินกับกรดอ่อนหรือเบสอ่อน ที่เป็นเช่นนี้เพราะนักเรียนยึดติดกับความหมายของการสะเทิน ตามความหมายของรากศัพท์ คือ คำว่า "Neutral" ซึ่งหมายถึงเป็นกลางหรือเป็นศูนย์

รอส (Ross, 1989 : Abstract) ได้ศึกษาความเข้าใจในเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เมืองออนทARIO ประเทศแคนาดา โดยใช้แผนภูมิมโนคติในการสร้างแบบทดสอบหลายตัวเลือกและคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ แบบทดสอบแบบหลายตัวเลือกนั้นใช้กับนักเรียนเกรด 12 จำนวน 34 คน ซึ่งได้ผ่านหลักสูตรเคมีขั้นสูงจากเกรด 11 มาแล้ว จากนักเรียนเหล่านี้เลือกมา 8 คน โดยให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ระดับคือ สูง, ปานกลาง, และต่ำ นำมาสัมภาษณ์ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจผิดในมโนคติเรื่องกรด-เบส ซึ่งไม่ตรงกับมโนคติตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร โดยนักเรียนจะมีมโนคติเกี่ยวกับกรด-เบส ตามประสบการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน แต่เข้าใจมโนคติเรื่องกรด-เบส ในทางวิทยาศาสตร์ได้น้อยมาก การให้เวลากับการสอนมากขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจมโนคติเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับไอออนและพีเอชได้มากขึ้น

กาเบลและแซมมวล (Gabel and Sammuell, 1987 : 695-697) ได้ศึกษามโนคติเกี่ยวกับ อนุภาคที่เป็นองค์ประกอบของสาร โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนของนัก ศึกษาที่เรียนทักษะพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ ในมหาวิทยาลัยอินเดียมา จำนวน 90 คน ผู้วิจัยให้ นักเรียนตอบแบบทดสอบ 3 ชุด แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผล แบบทดสอบวัด จินตนาการเกี่ยวกับมิติ และแบบสอบถามเกี่ยวกับพื้นฐานทางด้านเคมีและคณิตศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า นักศึกษาที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสาร ดังนี้

1. การเปลี่ยนสถานะของของเหลวเป็นก๊าซที่เกิดจากการขยายตัวของอะตอม
2. ก๊าซมีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ
3. เมื่อ โมเลกุลสลายตัวแล้ว โมเลกุลยังคงรวมกันเป็นกลุ่มมากกว่าที่จะแตกออกจาก กันเป็นอนุภาคเล็กๆ

อาร์นัวดินและมินทซ์ (Arnaudin and Mintzes, 1985 : 721-733) ได้ศึกษามโนคติที่ คลาดเคลื่อนในเรื่องระบบการไหลเวียนของมนุษย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนคติที่คลาด เคลื่อนและความคงทนของมโนคติของนักศึกษาที่เรียนทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องระบบ การไหลเวียนของมนุษย์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนในระดับชั้นต่างๆ จำนวน 495 คน ประกอบด้วยนักเรียนเกรด 5 จำนวน 101 คน เกรด 8 จำนวน 100 คน เกรด 10 จำนวน 102 คน นักศึกษาระดับวิทยาลัย

จากรายงานการวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ ว่า นักเรียนและนักศึกษามีมโนคติที่คลาดเคลื่อนจำนวนมากในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ ทั้ง ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ซึ่งการมโนคติที่คลาดเคลื่อนนี้จะมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนของนักเรียนด้วย ดังนั้นถ้าในการเรียนการสอนสามารถทราบว่ามีนักเรียนนักศึกษามีมโนคติที่ คลาดเคลื่อนก็จะเป็นประโยชน์ในการจัดการซ่อมเสริมให้มีมโนคติที่ถูกต้องต่อไป