บทที่ 2

วรรณคดีและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัสเซลล์[1] (Russel) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ว่า เป็นผลมาจากการเรียนรู้ (perception) ความจำ และการคิดคำนึง (imagination) รวมทั้งอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก องค์ประกอบทางอารมณ์ ความต้องการ (need) ความตึงเครียด หรือปัญหาที่ต้องแก้ไข เขาเชื่อว่า การที่จะสร้างมโนทัศน์ได้นั้นต้องผ่านขบวนการ 3 ขั้น คือ การแยกแยะ การย่นย่อ และการสรุปครอบคลุม ขบวนการทั้ง 3 นี้ จะต้องมีการประสมประสานกัน (integration) และเกิดขึ้นในระหว่างที่มีการรับสัมผัส (sensory impression) การทำงานของกล้ามเนื้อ (muscular activity) การใช้กล้ามเนื้อ (moter manipulation) การตั้งคำถาม การอ่าน และการแก้ปัญหา ซึ่งทั้งหมดนี้จะรวมเข้าเป็นโครงสร้างของมโนทัศน์

ฮัมฟรีย์[2] (Humphrey) ได้ให้ข้อคิดเห็นว่า ขั้นของการสร้างมโนทัศน์นั้นอาจจะมีเพียงการย่นย่อ และนำไปสู่ขั้นสรุปครอบคลุมได้เลย โดยรวมการแยกแยะไว้ในขั้นเดียวกับการย่นย่อ เขาได้กล่าวเสริมว่า ขบวนการย่นย่ออาจบรรลุไปสู่ขั้นของการสรุปครอบคลุมโดยทันทีทันใด หรือค่อยเป็นค่อยไปก็ได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุ

---

[1] David H. Russell, Children's Thinking (Boston: Ginn. and Company, 1956), p. 249.

[2] สมชาย ธัญธนกุล "การสร้างสังกัปชนิดสังเคราะห์ลักษณะ ความตั้งใจเรียนและผลสัมฤทธิ์วิชาเลขคณิต " (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร 2516), (พิมพ์ดีด), หน้า 5.

1. การเห็นความสำคัญของเหตุการณ์
2. การเชื่อมโยงไปหาสิ่งที่เกี่ยวข้อง
3. การวิเคราะห์ส่วนละเอียดของสิ่งเร้านั้น
4. การรับรู้ในส่วนของเหตุการณ์หรือสิ่งเร้าที่เปลี่ยนแปลงไป
5. การเข้าใจและหาหนทางที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้านั้น
6. การตั้งและทดสอบความสำคัญของเหตุการณ์

การที่บุคคลจะเกิดมโนทัศน์ในเรื่องใด ก็ต่อเมื่อบุคคลจะต้องมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ความจริง (facts) หลักการ (principles) และนัยทั่วไป (generalizations) ของเรื่องนั้น ๆ มาก่อนแล้ว อีกประการหนึ่งจะต้องระลึก (recognize) ได้ว่าสิ่งนั้น ๆ มีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง โดยแยกแยะลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นออกจากสิ่งอื่นได้อย่างชัดเจน (multiple discrimination) ซึ่งคุณลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยคุณสมบัติในด้านการใช้การสังเกต (observation) เป็นอย่างดี ดังนั้น วิธีที่บุคคลจะเกิดมโนทัศน์ (concepts) จะต้องเกิดมโนภาพ (image) ขึ้นในความคิดเป็นขั้นๆ ดังนี้ คือ[3]

ความจริง (facts)

สังเกต (observation) → หลักการ (principles) → นัยทั่วไป (generalizations) → แยกลักษณะเฉพาะ (discrimination) → มโนทัศน์ (Concept)

---

[3]จำนง พรายแย้มแข, เทคนิคและวิธีสอนวิชาวิทยาศาสตร์, (พระนคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2516), หน้า 47, 49.

จากพจนานุกรมการวิจัยทางการศึกษา[4] ได้กล่าวไว้ว่า อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก จะมีผลต่อการเกิดมโนทัศน์ ดังนี้

1. สติปัญญา (Intelligence) ออสเลอร์และเทราท์แมน (Osler and Trautman) พบว่า เด็กที่มีสติปัญญาปกติ (normal) จะสามารถเรียนรู้มโนทัศน์โดยผ่านการเรียนรู้ที่ต้องมีการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง (S - R associative) ขณะที่เด็กสติปัญญาดี สามารถใช้สมมติฐานในการพัฒนามโนทัศน์

2. เพศ (Sex) เอลไคนด์ (Elkind) ได้รายงานไว้ในปีคริสตศักราช 1961 ว่า ในการรับรู้มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม เด็กในวัย 12 - 18 ปี เด็กผู้ชายจะมีเปอร์เซนต์ในการรับรู้ได้กว่าเด็กผู้หญิง นอกจากนั้น ยัง (Young) ได้ทำการวัดความเข้าใจในมโนทัศน์ พบว่า คะแนนของเด็กชายในเกรด 3 จะสูงกว่าคะแนนของเด็กผู้หญิงในเกรดเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของคะแนนความเข้าใจในมโนทัศน์นี้จะไม่ปรากฏในเด็กที่อยู่เกรด 6

ในการศึกษาพัฒนาการมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Science Concepts) ของคิง (King) ในปีคริสตศักราช 1963 พบว่า พัฒนาการมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (high school) ระหว่างนักเรียนหญิง และนักเรียนชาย จะมีความแตกต่างกัน

3. แรงจูงใจ (Motivation) โพเดลล (Podell) ในปีคริสตศักราช 1958 และอัมสเตอร์ (Amster) ในปีคริสตศักราช 1966 พบว่า ถ้าแรงจูงใจและตั้งใจเรียนในการเรียนมโนทัศน์ จะได้ผลดีกว่า

---

[4]Gilbert Sax, "Concept Formation," Encyclopedia of Educational Research, (London: The Macmillan Company, Collier-Macmillan Limited. 1969). pp.197 - 201.

4. การเสริมพลัง (Reinforcement) เอนเกิลก์ เมเยอร์และแซค (Angell, Meyer and Sax) พบว่า การให้การเสริมพลังทันทีทันใด จะช่วยให้เกิดมโนทัศน์ได้ง่ายขึ้น

อย่างไรก็ตาม การที่จะบอกว่าบุคคลหนึ่งบุคคลใดเกิดมโนทัศน์ในเรื่องใดหรือยังนั้น หมายความถึงว่า บุคคลนั้นจะต้องเข้าใจความหมายของสิ่งนั้นอย่างแท้จริง และฝังแน่นในจิตใจ ไม่ให้เกิดจากการท่องจำแบบนกแก้วนกขุนทอง[5] เพราะมโนทัศน์มีความซับซ้อนมากกว่าทักษะหรือการเรียนแบบท่องจำ มโนทัศน์ต้องการทั้งการเรียน การสอน และการขยายตัวของการเรียนการสอน ดังนั้น ในหัวข้อต่อไป ผู้วิจัยเสนอบทความที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนมโนทัศน์

การเรียนการสอนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

โดยทั่วไป วิธีการเรียนการสอนมโนทัศน์นั้นมีพื้นฐานมาจากความเข้าใจในขบวนการเกิดมโนทัศน์ของบุคคล

แบรนด์ไวน์ วัตสัน และแบรควูด[6] (Brandwein, Watson and Blackwood) ได้แนะนำว่า การสอนมโนทัศน์ จะต้องทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในสถานะการณ์ ตั้งปัญหาเพื่อที่จะหามโนทัศน์ที่ถูกต้องกับสถานการณ์นั้น และพัฒนาสถานะการณ์แห่งการ

---

[5]สุวัฒน์ นิยมค้า, การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. (พระนคร: วัฒนาพานิช, 2517), หน้า 17.

[6]Kenneth H. Hoover, Reading on Learning and Teaching in the Secondary School, (Boston: Allyn and Bacon, 1968) p. 42, citing Paul F. Brandwein, Eletcher Watson, and Paul Blackwood. Teaching High School Science; A Book of Methods, (New York: Harcourt Brace and Co., 1958) pp. 117 - 118.

เรียนรู้ใหม่ เพื่อสร้างมโนทัศน์ใหม่ต่อไป วิธีการที่แบรนไวน์ และเพื่อน กล่าวถึงนี้ก็คือวิธีการแก้ปัญหา (problem - solving method) ซึ่ง กาโรนี[7] (Garone) ให้การสนับสนุนว่าเป็นวิธีการที่สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดี เช่นเดียวกับซูกแมน[8] (Suchman) สนับสนุนเทคนิคการสอนวิธีนี้โดยให้ความเห็นว่า ในการสอนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ครูควรจะสร้างสถานการณ์ที่เรียกว่า สถานะการณ์ที่เป็นปริศนา (puzzling or ambiguous situation) ทำให้นักเรียนได้ฝึกการถามที่เข้าประเด็น คำถามที่มีความหมายเช่นนี้จะเป็นเครื่องช่วยพัฒนาความคิด และสร้างความเข้าใจแก่นักเรียน

นอกเหนือจากวิธีสอนแบบแก้ปัญหา ที่เป็นวิธีสอนให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แล้ว ใน Encyclopedia of Education ได้กล่าวถึงอีก 2 วิธีคือ วิธีแบบสืบสอบ (inquiry method) และวิธีค้นคว้า (discovery method) และกล่าวว่าในการปฏิบัติจริง วิธีทั้ง 3 ได้รวมกัน ไม่แยกเป็นอิสระที่เดียว[9] ไม่ว่าจะเป็นวิธีการสอนแบบใดก็ตามต่างก็มุ่งที่จะพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนทั้งสิ้น

ทิชเชอร์[10] (Tisher) ได้เสนอแนวในการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. จะต้องจัดประสบการณ์หลายแบบโดยเฉพาะที่เป็นรูปธรรม (concrete) แก่นักเรียน เช่น สอนโดยใช้ของจริง หรือรูปภาพ
2. เน้นให้นักเรียนเห็นลักษณะและคุณสมบัติของมโนทัศน์นั้น ๆ

---

[7] Sax, op. cit., p. 201

[8] Ibid.

[9] Barnard, op. cit., p. 133.

[10] R.P. Tisher, C.N. Power and L. Endean. Fundamental Issues in Science Education, (Sydney: John Wiley and Sons Australasia Pty Ltd., 1972). pp. 88 - 89.

3. พยายามให้คำอธิบายที่ชัดเจน รวบรัด ตลอดจนคำศัพท์ที่อธิบายความหมายของมโนทัศน์นั้นอย่างสมบูรณ์

4. สามารถที่จะพัฒนามโนทัศน์จากมโนทัศน์เดิมซึ่งมีลักษณะคล้ายกัน ต่างกัน หรือสัมพันธ์กัน ฉะนั้น สามารถสร้างมโนทัศน์ใหม่จากการเปรียบเทียบ

5. กระตุ้นนักเรียนให้มีความคิด มีความกระตือรือร้นที่อยากค้นหา อยากคิดให้มาก

6. ให้นักเรียนประเมินผลด้วยตนเองอย่างสม่ำเสมอด้วยการซักถามตนเองเกี่ยวกับมโนทัศน์ต่าง ๆ เช่นว่า เขาสามารถที่จะอธิบายความหมายของมโนทัศน์นั้นด้วยคำพูดของตนเองหรือไม่ สามารถเปรียบเทียบ หาข้อขัดแย้งได้หรือไม่ สามารถบอกคุณสมบัติ และให้เหตุผลเกี่ยวกับมโนทัศน์นั้นได้

ไทเลอร์[11] (Tyler) กล่าวว่า การเรียนรู้จะต้องเกิดจากการกระทำของนักเรียนเอง และการที่ครูให้หลักการ และข้อสรุป แก่นักเรียนโดยตรง นักเรียนจะจำสิ่งที่ครูให้โดยปราศจากความเข้าใจในสิ่งนั้น ๆ อย่างแท้จริง เป็นอันตรายต่อเด็กมาก เขาเชื่อว่า วิธีแก้เหตุการณ์ดังกล่าวก็คือพยายามให้นักเรียนตั้งหรือสร้าง หลักการ (principles) ด้วยคำพูดของเขาเอง

ในทำนองเดียวกัน การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ ได้เองอย่างได้ผลดี[12] ดังนั้น การสอนด้วยการปฏิบัติ

---

[11] Hoover, op. cit., p. 43, citing Ralph W. Tyler, "The Knowledge Explosion: Implications for Secondary Education," The Educational Forum. XXIX, January, 1965, pp. 148-150.

[12] จำนง พรายแย้มแข เรื่องเดิม, หน้า 51.

ทดลอง (experiment) ให้นักเรียนได้ทดลองด้วยตนเองเป็นวิธีสอนที่ดีที่สุด นักเรียนจะสามารถเรียนรู้กฎเกณฑ์ และมองเห็นความจริงทางวิทยาศาสตร์ได้ลึกซึ้งและรวดเร็ว[13]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองสอนมโนทัศน์

งานวิจัยทางการพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษามีน้อยหรือเกือบจะไม่มีใครทำการวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการทดลองสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา ดังเช่น เฮิร์ด และโรวี[14] (Hurd and Rowe) ได้ทำการตรวจและค้นคว้าในปีคริสตศักราช 1964 ถึงผลงานวิจัยทางการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ในระหว่างปีคริสตศักราช 1961 - 1964 พบว่า ไม่มีการวิจัยโดยตรงเกี่ยวกับการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ในระยะหลัง พบว่า งานวิจัยประเภทนี้มีอยู่บ้าง และส่วนใหญ่จะเป็นงานวิจัยในระดับประถมศึกษา ซึ่งใคร่ขอเสนอดังนี้

---

[13] เรื่องเดียวกัน, หน้า 54.

[14] Sax, loc. cit.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

ในปีคริสตศักราช 1959 วิเวอร์ และโคลแมน[15] (Weaver and Coleman) ได้ทำการศึกษาขั้นปริญญาโท หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในการเรียนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางเรื่องกับความสามารถทางสมองของนักเรียนเกรด 1 โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 25 คน ทำการสอนมโนทัศน์ที่จัดทำขึ้นในเวลา 8 สัปดาห์ และทดสอบความสามารถทางสมอง 6 ครั้ง จากผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจมโนทัศน์ และความสามารถทางสมองสูง และสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในการทดสอบแต่ละครั้ง

2. นักเรียนที่มีความสามารถทางสมองโดยเฉลี่ย และต่ำกว่าเฉลี่ย สามารถเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับเวลา และการเปลี่ยนแปลง ความแปรปรวนได้ เช่นสิ่งมีชีวิตเจริญเติบโต และสืบพันธุ์ได้

3. นักเรียนสามารถเรียนรู้ และเข้าใจโดยใช้วิธีการสอนแบบแก้ปัญหา

---

[15] ปทีป เมธาคุณวุฒิ, "การทดลองสอนวิชาไฟฟ้าของระดับมัธยมศึกษาตอนต้นแก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6", (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต แผนกวิชาประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2514) (พิมพ์ดีด), หน้า 20 อ้างถึง Edward K. Weaver and Sara Gannoway Coleman, "The Relationship of Certain Science Concepts to Mental Ability and Learning of First Grade," Science Education, 47 (December, 1963), pp. 490 -494.

ในปีคริสตศักราช 1963 แฮร์ริส[16] (Harris) ได้ทำการวิจัยหาวิธีการที่จะจัดเนื้อหาวิทยาศาสตร์ตามลำดับขั้น โดยเลือกเนื้อหาจากเรื่องโมเลกุลหรือทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Molecular or Kinetic Theory of Heat) ทดลองสอนนักเรียนโรงเรียนทดลองของวิสคอนซิล สเตทคอลเลจ (Laboratory School of Wisconsin State College) ที่เรียนในเกรด 4, 5 และ 6 จำนวนทั้งหมด 74 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจทั้งมโนทัศน์ที่สำคัญ และมโนทัศน์ย่อย ๆ ในเรื่องนี้ได้ แต่สำหรับนักเรียน เกรด 4 การจัดสอนเนื้อหาเหล่านี้ยังไม่ค่อยเหมาะสมนัก เพราะค่อนข้างยากเกินไป

ในปีคริสตศักราช 1964 ชราเดอร์[17] (Shrader) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกรดห้าและหกที่มีต่อมโนทัศน์สำคัญทางเคมี บางเรื่องที่สอนในวิทยาลัยปีที่ 1 โดยศึกษาจากการทดลองสอน และเปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนและหลังสอนของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง และนักศึกษาปีที่ 1 ในวิทยาลัย ตลอดจนสังเกตพฤติกรรมตอบสนองของนักเรียนกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยใช้กลุ่มทดลองจากนักเรียน โรงเรียนฮีเบเลอร์ กลุ่มควบคุมจากนักเรียนโรงเรียนวอชิงตัน และนักศึกษาจากเซนตรัลวอชิงตัน สเตท คอลเลจ ส่วนเนื้อหาจาก หนังสือแบบเรียนของวิทยาลัย ผู้วิจัยทำการทดลองสอนเอง 24 วัน แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้ t - test ของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการทดสอบก่อนและหลังการสอนในแต่ละกลุ่ม ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

---

[16]เรื่องเดียวกัน หน้า 23 อ้างถึง William Harris, "A Technique for Grade Placement in Elementary Science, "Journal of Research in Science Teaching, 2 (April, 1964), pp. 43 - 50.

[17]ปทีป, เรื่องเดิม หน้า 25 อ้างถึง John S. Shrader, "The Understanding of Selected Principles of College Chemistry by Intermediate grade Pupils," Science Education, 52(March, 1968), pp. 196-199.

1. นักเรียนเกรด 5 และ 6 สามารถเรียนรู้และเข้าใจมโนทัศน์วิชาเคมีที่สอนในวิทยาลัยปีที่ 1 ได้ ช่วงระยะเวลาในการเข้าห้องทดลองมีประโยชน์ในการสอนมาก

2. มโนทัศน์พื้นฐานวิชาเคมี ของนักศึกษาในวิทยาลัยซึ่งได้รับการสอนจากโรงเรียนมัธยม มีขอบเขตจำกัดมาก

ข้อเสนอแนะของซราเดอร์ สำหรับการวิจัยต่อไป

1. ควรจะมีการวิจัยความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ ในระดับสูงกว่าของนักเรียนประถมศึกษา

2. คณะต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัย ควรจะให้ความร่วมมือในการจัดทำเนื้อหาวิชาที่จะนำมาทดลองสอน

3. ควรจัดทำการวิจัยในด้านอื่น เช่น

3.1 คุณค่าของห้องทดลองที่เป็นเสมือนวิธีการที่ช่วยในการสอนในระดับประถมศึกษา

3.2 ศึกษามโนทัศน์ที่เหลืออยู่ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในช่วงเวลาต่าง ๆ

3.3 ศึกษาระดับอายุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่สามารถเรียนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรม

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสอนและสัมฤทธิผลทางการเรียน

3.5 เปรียบเทียบสัมฤทธิผลการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งเรียนกับครูที่ได้รับการฝึกหัดทางการสอนวิทยาศาสตร์เพียงเล็กน้อย และกับครูที่ได้รับการฝึกหัดการสอนวิทยาศาสตร์อย่างดี

ในปีคริสตศักราช 1969 คันนิงแฮม[18] ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบระดับการรับมโนทัศน์ของนักเรียนฟิสิกส์ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนหลักสูตรฟิสิกส์ระดับไฮท์สกูลแบบใหม่ (PSSC)

---

[18] James Barrett Cunningham, "The Measurement of Concept Attainment: A Comparative Study of Modern and Traditional High School Physics Courses", Dissertation Abstracts International. Vol 32 (July, 1971), p. 269 - A.

002561

และกลุ่มที่เรียนหลักสูตรระดับไฮท์สกูรแบบเก่า (Taffel) โดยสุ่มจากนักเรียนที่เลือกเรียนฟิสิกส์ ในโรงเรียนประจำตำบลที่ พิทสเบิร์ก จำนวน 759 คน มาเพียง 434 คน จากจำนวนนี้ 265 คน เรียนหลักสูตรใหม่ และ 219 คน เรียนหลักสูตรเก่า เขาได้สร้างแบบทดสอบเพื่อใช้วัดความสามารถในการรับมโนทัศน์ในเรื่อง การหักเหขึ้น 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการรับมโนทัศน์ (C A T) ประกอบด้วยข้อทดสอบวัดความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ และชุดที่ 2 เป็นแบบทดสอบวัดความรู้ในมโนทัศน์ (C K T) สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ในมโนทัศน์เกี่ยวกับการหักเหที่นักเรียนจะต้องรู้ นอกจากนั้นมีแบบทดสอบอีกชุดหนึ่ง คือ O L M A T สำหรับควบคุมตัวแปรความสามารถทางสติปัญญา ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า ระดับความสามารถในการรับมโนทัศน์ของนักเรียนมีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของ C A T (Concept Attainment test) กับ C K T (Concept Knewledge test) และ C A T กับ O L M A T (Otis - Lennon Mental Ability test) ชี้ให้เห็นว่าสมมติฐานนี้ถูกต้อง

นอกจากนั้น เขาได้แบ่งนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มออกเป็นระดับ ต่ำ ปานกลาง และสูง พิจารณาตามความรู้ในมโนทัศน์ และนำค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสองกลุ่ม มาเปรียบเทียบกัน พบว่า

1. กลุ่มสูงที่เรียนตามหลักสูตรฟิสิกส์แบบใหม่ จะสามารถรับมโนทัศน์ได้ดีกว่ากลุ่มที่เรียนตามหลักสูตรฟิสิกส์แบบเก่า

2. กลุ่มปานกลาง เช่นเดียวกับกลุ่มสูง

3. กลุ่มต่ำ พบว่า ทั้งเรียนตามหลักสูตรใหม่ และแบบเก่า จะสามารถรับมโนทัศน์ได้เท่ากัน

ในปีคริสตศักราช 1970 แมคเคลแลนด์[19] ได้ทำการศึกษาพัฒนาการมโนทัศน์เกี่ยวกับพลังงานของเด็กนักเรียน เกรด 2 ซึ่งปกติมโนทัศน์นี้จะไม่ถูกนำมาสอนก่อนเกรด 3 การสอนได้พิจารณาจากกฎเกณฑ์ของพลังงาน และความสามารถตามอายุเด็ก สอนให้รู้จักขบวนการในการเปลี่ยนรูปของพลังงาน แต่ละขบวนการ บทเรียนถูกสร้างขึ้น 5 บทเรียนต่อเนื่องกัน และปรับปรุงใช้กับเด็ก เกรด 2 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งใน อิทาคา นิวยอร์ค จำนวน 3 ห้องเรียน และกำหนดการทดสอบด้วยภาพ 2 ครั้ง 1 อาทิตย์หลังจากการสอบได้สิ้นสุดลง และการทดสอบครั้งแรกได้ถูกนำมาใช้อีกครั้งหนึ่ง นอกจากนั้นมีการสัมภาษณ์ถึง 6 ครั้ง 2 ครั้งแรก ไม่เกี่ยวกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ 2 ครั้งต่อมาทำทันทีหลังการทดสอบด้วยภาพ 2 ครั้ง และ 2 ครั้งสุดท้ายสัมภาษณ์เกี่ยวกับเนื้อเรื่องใหม่ นอกจากนั้น การเรียนรู้มโนทัศน์ของพลังงาน 3 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 เกี่ยวกับรูปของพลังงานขั้นพื้นฐาน
ระดับที่ 2 เกี่ยวกับพลังงานอันเป็นสิ่งที่มีอยู่จริง
ระดับที่ 3 เกี่ยวกับความถาวรของพลังงาน

พบว่า จำนวนผู้ถูกสัมภาษณ์ครั้งหนึ่งพอดี สามารถเรียนรู้มโนทัศน์ในระดับ 1 ได้ อีก 10 % สามารถเรียนรู้มโนทัศน์ในระดับ 2 ได้ แต่มโนทัศน์ระดับ 3 เกี่ยวกับความถาวรของพลังงานไม่มีใครสามารถเรียนได้

---

[19]John Andrew Geral McClelland, "An Approach to th Development And Assessment of Instruction in Science At Second Grade Level: The Concept of Energy" Dissertation Abstracts International Vol 31(No.12 June, 1971), p. 6431 - A.

ในปีคริสตศักราช 1973 ลอสัน[20] ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม กับระดับสติปัญญาของผู้เรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนเคมี ชีวะ ฟิสิกส์ จากโรงเรียนไฮท์สกูรนอร์แมน รัฐ โอคลาโฮมา ใช้วิธีสอนและเนื้อหาปกติระหว่างเดือนสุดท้ายของการสอนในปีการศึกษา 1972 - 1973 ได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนชีวะ 51 คน เคมี 54 คน และฟิสิกส์ 33 คน เกี่ยวกับงานของเพียเจท์ 4 เรื่อง คือ ความถาวรของน้ำหนัก ความถาวรของปริมาตร การแยกแยะตัวแปรและเสถียรภาพในการสมดุลย์ และสอบข้อเขียน 2 ครั้ง ผลปรากฏว่า จากการสัมภาษณ์งานของเพียเจท์ 64.8 % ของนักเรียนชีวะ ถูกจัดเป็นพวกที่มีความคิดในเชิงรูปธรรม (concrete operational)) 92 % เคมี ถูกจัดเป็นพวกที่มีระดับเหนือพวกที่มีความคิดในเชิงรูปธรรม แต่ต่ำกว่าพวกที่มีความคิดในเชิงนามธรรม กลุ่มนักเรียนฟิสิกส์ถูกจัดคล้ายพวกเคมี สรุปการศึกษานี้ ชี้ให้เห็นว่า เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาไม่เหมาะสมกับระดับสติปัญญาของผู้เรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับสติปัญญาอยู่ในขั้นคิดเชิงรูปธรรม (Concrete) ขณะที่เนื้อหาวิชาทางวิทยาศาสตร์ในระดับนี้ส่วนใหญ่จะเป็นพวกนามธรรม (formal or abstract)

จากงานวิจัยในการศึกษาขั้นปริญญาโทของปทีป[21] ปีการศึกษา 2513 ได้ทดลองสอนวิชาไฟฟ้าของระดับมัธยมศึกษาตอนต้นแก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยสุ่มตัวอย่าง

---

[20] Anton Eric Lawson, "Relationships Between Concrete and Formal Operational Science Subject Matter", Dissertation Abstracts International. Vol 34 (No. 6 December, 1973), p. 3179 - A.

[21] ปทีป, เรื่องเดิม, หน้า ง (บทคัดย่อ)

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสายน้ำทิพย์ 4 ห้องเรียน จำนวน 140 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมและทดลอง กลุ่มละ 2 ห้อง ผู้วิจัยทำการสอนวิชาไฟฟ้ากับกลุ่มทดลอง ตามโครงการที่จัดตามแนวมโนทัศน์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 3 สอนเป็นเวลา 5 สัปดาห์ 20 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ และเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนวัดธาตุทอง 4 ห้อง จำนวน 110 คน สำหรับทดสอบเปรียบเทียบ ผลปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มทดลองสามารถเรียนวิชาไฟฟ้าได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกด้าน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มทดลอง หมู่สูงกับหมู่ต่ำ สามารถเรียนวิชาไฟฟ้า ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านความเข้าใจ และการนำมโนทัศน์ไปใช้ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในด้านความจำ และผลรวมทั้งหมด ส่วนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ปรากฏว่ามีความรู้ในวิชาไฟฟ้าแตกต่างกัน

จากการค้นคว้า และศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ดังกล่าว ตลอดจนงานวิจัยในสาขาวิชาอื่น เช่น คณิตศาสตร์ และสังคมศึกษา ผู้วิจัยเห็นว่างานวิจัยในระดับมัธยมศึกษาเกี่ยวกับการทดลองสอนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ควรจะได้มีผู้ทดลองทำบ้าง ผลที่ได้อาจจะแตกต่างหรือสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยใคร่จะทราบความจริงในข้อนี้ จึงตัดสินใจทำการวิจัยในเรื่องนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย