

การพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอด วิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังโน้ต : การประยุกต์ใช้ทฤษฎี
การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
มีนาคม 2557

การพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอด วิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังโน้ต : การประยุกต์ใช้ทฤษฎี
การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
มีนาคม 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอด วิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังโน้ต : การประยุกต์ใช้ทฤษฎี
การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
มีนาคม 2557

อกนิษฐ์ บุญสะอาด. (2556). การพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอด วิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ : การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด. ปรินญานินพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.สุวิมล กฤษณกุลหาสน์ , อาจารย์ ดร. อธิธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์

การศึกษาครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อมที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่แตกต่างกัน และจำนวนครั้งในการวัดที่แตกต่างกันโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2555 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 16 ขนาดใหญ่พิเศษ จำนวน 1 โรงเรียน ที่ได้มาจากการสุ่มสองขั้นตอน (Two stage Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล สถิติทดสอบ t-test ตามสูตรของฟิชแมน และการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient)

ผลการวิจัยพบว่า

1.ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม มีค่าดัชนีค่าความสอดคล้องจากการพิจารณา อยู่ระหว่าง 0.94 ถึง 1.00 ค่าความยาก (Difficulty) มีค่าตั้งแต่ 0.24 ถึง 0.88 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.75 ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 1,2,3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.66 0.68 , 0.72 และ 0.71 ตามลำดับ

2. ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม มีค่าดัชนีค่าความสอดคล้องจากการพิจารณา อยู่ระหว่าง 0.94 ถึง 1.00 ค่าความยาก (Difficulty) มีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.88 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.75 ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ชุดที่ 1,2,3และ4 มีค่าเท่ากับ 0.72 0.83 , 0.69 และ 0.67 ตามลำดับ

3. การเปรียบเทียบคุณภาพความเชื่อมั่น โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ พบว่า

3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์
ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ไปสู่ลำดับของการ
สร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม(SC)
(CS → SC) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.96 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของลำดับของการสร้างแผนผัง
มโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ไปสู่ลำดับ
ของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือก
คำเชื่อม (CS) (SC → CS) มีค่าเท่ากับ 0.54 และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่า
สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติที่ระดับ 0.01

3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้
แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) จากการวัด 1 ครั้งและ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.52 และ
0.69 ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง พบว่า ค่า
สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้
แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CC) จากการวัด 1 ครั้งและ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ
0.40 และ 0.58 เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง พบว่า ค่า
สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

THE DEVELOPMENT FOR ASSESSMENT OF CONCEPTUAL MAPPING PHYSICS BY
USING CONCEPT MAPPING : APPLICATION OF GENERALIZABILITY THEORY



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education degree in Research and Development on Human Potentials
At Srinakharinwirot University
March 2014

Akanit Boonsaard. (2014). *The Development for Assessment of Conceptual Knowledge Physics by Using Concept map : Application of Generalizability Theory*. Master thesis (Research and Development on Human Potentials). Bangkok : Graduate School. Srinakarinwirot University. Advisor Committee : Suwimon Kritkharuehart , Ph.D. Ittirth Phongpiyarat. , Ph.D

The purposes of this research were to develop and examine the quality of conceptual knowledge assessment by using concept mapping in learning work and energy of Mattayomsuksa 4 students in secondary school and compare the generalizability coefficients of conceptual knowledge assessment by using construct-a-map with created linking phrases and construct-a-map with selected linking phrases in condition with a different mapping sequences and a different occasions by generalizability theory.

The samples of this study were Mattayomsuksa 4 students of academic year 2012 in extra size school in the Mattayomsuksa office area 16 . This sample was selected by Two stage Sampling. the research instrument were concept mappings. The data were analyzed by basics statistics, hypothesis test statistic by t – test 's Pittman, Three way ANOVA , and G Coefficient.

The findings were summarized as follows :

- 1.The content validity of the conceptual knowledge assessment by using construct-a- map with created linking phrases were ranged from 0.94 to 1.00 , the item difficulty index ranging from 0.24 to 0.88 , the discriminative power ranging from 0.21 to 0.75. the reliability of conceptual knowledge assessment by using construct-a-map with created linking phrases which consisted of 4 instruments and composed of 1, 2, 3 and 4 instruments had value 0.66 0.68 , 0.72 and 0.74 respectively.

2. The content validity of the conceptual knowledge assessment by using construct-a- map with selected linking phrases were ranged from 0.94 to 1.00 , the item difficulty index ranging from 0.20 to 0.88 , the discriminative power ranging from 0.21 to 0.75. The reliability of conceptual knowledge assessment by using construct –a- map with selected linking phrases which consisted of 4 instruments and composed of 1, 2 3 and 4 instruments had value 0.72, 0.83 , 0.69 and 0.67 respectively.

3. The comparison of quality of reliability by compare generalizability coefficient of conceptual knowledge assessment by using concept map.

3.1 The generalizability coefficient of conceptual knowledge assessment by using mapping sequences across two occasions : construct-a-map with created linking phrases then with selected linking phrases (CS) to construct-a-map with selected linking phrases then with created linking phrases (SC) (CS $\rightarrow$ SC) had value 0.96 and using construct-a-map with selected linking phrases then with created linking phrases (SC) to construct-a-map with created linking phrases then with selected linking phrases (CS) (SC $\rightarrow$ CS) had value 0.54. In comparison the generalizability coefficient of the conceptual knowledge assessment by using mapping sequences across two occasions were significantly different at 0.01 level.

3.2 The generalizability coefficient of conceptual knowledge assessment by using construct-a-map with selected linking phrases (SS) when repeated measure which measured in first and second occasions had value 0.52 and 0.69 consequently. In comparison the generalizability coefficient were significantly different at 0.01 level.

3.3 The generalizability coefficient of conceptual knowledge assessment by using construct-a-map with created linking phrases (CC) when repeated measure which measured in first and second occasions had value 0.40 and 0.58 consequently. In comparison the generalizability coefficient were significantly different at 0.01 level.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอด วิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังโน้ตส์ : การประยุกต์ใช้ทฤษฎี
การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด
ของ
อกนิษฐ์ บุญสะอาด

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ เดือน มีนาคม พ.ศ. 2557

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก

..... ประธาน

(อาจารย์ ดร.สุวิมล กฤษดาสน์)

(รองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน์)

.....ที่ปรึกษาร่วม

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์)

(อาจารย์ ดร.สุวิมล กฤษดาสน์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.สุวิมล กฤษฎะหาสน์ ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร. อิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา ข้อคิด ข้อเสนอแนะ อันเป็นประโยชน์ และพิจารณาแก้ไขข้อบกพร่องในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้จนเป็นงานที่สมบูรณ์ ตลอดจนด้วยความเอาใจใส่และเมตตาต่อผู้วิจัยอย่างยิ่ง รวมทั้งยังเป็นผู้ชี้แนะแนวทางและเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีทางการวัดผลมากขึ้น ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน์ และอาจารย์ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา ซึ่งเป็นคณะกรรมการที่ได้รับการแต่งตั้งเพิ่มที่ได้ให้ข้อเสนอแนะในการทำปริญญานิพนธ์ เป็นงานที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวัดผลและวิจัยทางการศึกษาทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทให้ความรู้ทางวิชาการแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ศึกษา อยู่ ณ มหาวิทยาลัยแห่งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญในการตรวจพิจารณาในการตรวจพิจารณาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทุกท่าน ที่ได้สละเวลาในการช่วยตรวจคุณภาพเครื่องมือและพิจารณาแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้เลย ถ้าผู้วิจัยไม่ได้รับการอนุเคราะห์จากคณะผู้บริหาร คณะครูอาจารย์ และนักเรียนในโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างจากโรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ และโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์ กุลกันยาที่ได้ให้ความร่วมมือในการทำแบบทดสอบเป็นอย่างดีแก่ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบพระคุณบิดา และมารดาที่คอยอยู่เคียงข้างเป็นกำลังใจในการทำวิจัยปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ท่านสนับสนุนและอนุเคราะห์ประสานงานในการติดต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลแก่ผู้วิจัย นี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ครูอาจารย์ที่ได้สอนสั่งอบรมของผู้วิจัย ตั้งแต่ระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา จนถึงระดับปริญญาตรีที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่านที่ได้ให้โอกาสและสนับสนุนผู้วิจัยให้มีความรู้และความสามารถ จนมาศึกษาต่อในระดับการศึกษาในขั้นนี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอบคุณเพื่อนๆในภาควิชาและต่างภาควิชาที่ได้ให้กำลังใจ ข้อคิดเห็นในการทำวิจัยแก่ผู้วิจัยเรื่อยมา

สุดท้ายผู้วิจัยขอให้คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ มอบเป็นเครื่องบูชาแด่บุพการี บรรพบุรุษ และครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณและดวงวิญญาณของบรรพคณาจารย์ในการอบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัยตลอดมา

อกนิษฐ์ บุญสอาด

สารบัญ

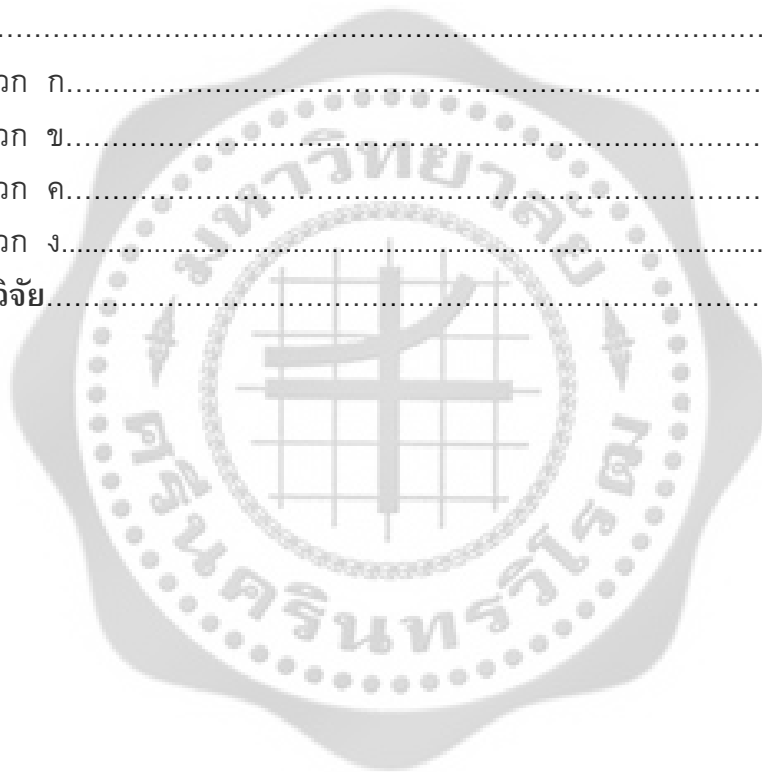
บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายในการวิจัย	3
ความสำคัญในการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย.....	4
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	4
ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
แนวความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอด.....	9
ความหมายของความคิดรวบยอด.....	9
ประเภทของความคิดรวบยอด.....	10
กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด.....	11
รูปแบบการเรียนรู้แบบความคิดรวบยอด.....	12
ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบล.....	13
แนวความคิดเกี่ยวกับแผนผังมโนทัศน์.....	14
ความหมายของแผนผังมโนทัศน์.....	14
รูปแบบของแผนผังมโนทัศน์.....	15
ประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์.....	21
องค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์.....	22
เกณฑ์การให้คะแนนของแผนผังมโนทัศน์.....	23
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	25
ธรรมชาติและลักษณะเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์.....	25
การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์.....	25
ผลการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์.....	27
สาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2.....	28
ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalization Theory).....	30
ความเป็นมาของ G- theory.....	30

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2	(ต่อ)	
	แนวคิดสำคัญและข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการสรุปอ้างอิงของความ น่าเชื่อถือของผลการวัด.....	31
	การศึกษา G (G – Study) และ D (D – Study).....	33
	ผลการศึกษาก่อนการออกแบบการวัดของครอนบาค ซเวลสันและเบรนนัน..	33
	การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง.....	40
	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์และสัมพัทธ์ (Absolute and Relative Error Variance).....	44
	การออกแบบฟาเซท.....	45
	การคำนวณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน.....	58
	ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง.....	61
	วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ.....	63
	คุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ.....	63
	คุณภาพเครื่องมือแบบรายข้อ.....	65
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	67
	งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวกับความคิดรวบยอดและผังมโนทัศน์.....	67
	งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวกับความคิดรวบยอดและผังมโนทัศน์.....	71
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของ ผลการวัด.....	73
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	78
	การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	78
	การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	81
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	102
	การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล.....	105
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	114
	สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	114
	การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	116
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	116
5	สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ.....	138
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	138

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 (ต่อ)	
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	139
สรุปผลการวิจัย.....	140
อภิปรายผล.....	143
ข้อเสนอแนะในนำผลการวิจัยไปใช้.....	145
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	145
บรรณานุกรม.....	146
ภาคผนวก.....	152
ภาคผนวก ก.....	153
ภาคผนวก ข.....	203
ภาคผนวก ค.....	218
ภาคผนวก ง.....	224
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	226



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ตามแนวคิดของรูช ฟรีโม.....	23
2 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2 (กลศาสตร์ 2).....	30
3 เปรียบเทียบชื่อกรณีการออกแบบการวัดที่ 2 ฟาเซท โดยจำแนกตามแนวคิดของ كرونบาค เบรนเนน และชเวลสัน.....	39
4 สรุปลองค์ประกอบแบบแผนที่มีฟาเซทสององค์ประกอบ การออกแบบแผน และ ความหมาย เมื่อกำหนดให้ p แทนนิสิตฝึกสอน i แทนชุดของรายการพฤติกรรม r แทน อาจารย์นิเทศ.....	51
5 สรุปลองค์ประกอบกรออกแบบฟาเซท รูปแบบขององค์ประกอบและความหมาย กรณีการออกแบบแผนบางส่วนที่มีสององค์ประกอบ.....	57
6 ประชากรในการวิจัย จำแนกตามขนาดโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษในเขต จังหวัดสงขลา.....	79
7 ขั้นตอนสร้างแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบ การสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อม.....	83
8 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผัง มโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อม.....	90
9 วิธีการหาคุณภาพแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบ การสร้างผังคำและคำเชื่อม/แบบการเลือกคำเชื่อม.....	92
10 การทดสอบความสมมูลของคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้ แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด.....	93
11 การทดสอบความสมมูลคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้ แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด.....	94
12 การทดสอบความสมมูลของความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดย ใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด.....	95
13 การทดสอบความสมมูลของความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดย ใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด.....	95

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
14 การทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด.....	96
15 การทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด.....	97
16 สรุปผลความสมมูลของของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อมชุดที่ทดลองใช้ (try out).....	97
17 คุณภาพของเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ในช่วงทดลองใช้ (try out)	98
18 สรุปคุณภาพของเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ในช่วงทดลองใช้.....	101
19 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	105
20 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชา ฟิสิกส์ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้ง 8 ชุด.....	117
21 ค่าสถิติพื้นฐานของแต่ละกลุ่มที่ได้รับการประเมินที่แตกต่างกัน จำแนกตาม จำนวนครั้งในการวัด.....	118
22 การทดสอบความสมมูลของคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดย ใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด	119
23 การทดสอบความสมมูลของคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดย ใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด	119
24 การทดสอบความสมมูลของความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวม ข้อมูล จำนวน 4 ชุด.....	120
25 การทดสอบความสมมูลของความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด.....	121

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
26	ผลการทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวม ข้อมูล.....	121
27	ผลการทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล.....	122
28	คุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่นำไปเก็บ รวบรวมข้อมูล แต่ละรูปแบบ.....	123
29	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการศึกษา G study ในกรณีการออกแบบการ วัด(O:F) x P โดยอาศัยลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด แบบ (CS $\longrightarrow$ SC).....	125
30	ผลการศึกษา G study ของกรณีการออกแบบการวัด(O:F) x P โดยอาศัยลำดับ ของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด SC $\longrightarrow$ CS.....	126
31	G- study สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวน กรณีการออกแบบการ วัดแบบไขว้เต็มรูป.....	127
32	G- study สำหรับองค์ประกอบความแปรปรวนของกรณีการออกแบบการวัดแบบ ไขว้(P x O x F) ของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ แบบการเลือกคำเชื่อม วิชาวาลิสส์ (SS)	128
33	ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของ องค์ประกอบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มี ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์แตกต่างกัน กรณีการออกแบบการวัด (O:F) x P ในขั้นตอน G – study.....	129
34	ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนขององค์ประกอบของแบบ ประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีลำดับของการสร้างแผนผัง มโนทัศน์แบบ CS $\longrightarrow$ SC กรณีการออกแบบการวัด (O:F) x P ในขั้นตอน D- study.....	131
35	ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของ องค์ประกอบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มี ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์แบบ SC $\longrightarrow$ CS กรณีการออกแบบการวัด (O:F) x P ในขั้นตอน D- study.....	132

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
36 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจกรณีการออกแบบการวัด ($P \times O \times F$) แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์สำหรับแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมเพียงอย่างเดียว (CC).....	134
37 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจกรณีการออกแบบการวัด ($P \times O \times F$) แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์สำหรับแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมเพียงอย่างเดียว(SS).....	135
38 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด.....	136
39 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอด ที่เหมือนกัน เมื่อวัดซ้ำที่ต่างกัน.....	137
40 ผลการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่องงานและพลังงาน.....	154
41 เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์รายวิชาฟิสิกส์แบบรายด้าน (analytic scoring).....	156
42 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนคำเชื่อมระหว่างคำมโนทัศน์รอง และคำมโนทัศน์ย่อยตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 1.....	159
43 เกณฑ์การให้คะแนนคำมโนทัศน์ย่อยและคำมโนทัศน์เจาะจง แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 1.....	160
44 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนของคำเชื่อมที่ใช้ในแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ในชุดที่ 1 ระหว่างคำมโนทัศน์รอง และคำมโนทัศน์ย่อย.....	165
45 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนของคำเชื่อมที่ใช้ในแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ในชุดที่ 1 ระหว่างคำมโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อยที่ไม่ใช่ผังเฉลย.....	163
46 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนคำเชื่อมของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ในชุดที่ 1 ระหว่างคำมโนทัศน์เจาะจงทั้งสองส่วน.....	164

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
47 เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำมโนทัศน์หลัก ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 2.....	167
48 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมระหว่างคำมโนทัศน์รอง และคำมโนทัศน์ย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 2.....	167
49 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมระหว่างคำมโนทัศน์ย่อยและคำมโนทัศน์เจาะจง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 2.....	168
50 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนของคำเชื่อมที่ใช้ในแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในชุดที่ 2 ระหว่างคำมโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อยที่ไม่ใช่ผังเฉลย.....	169
51 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนคำเชื่อมของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในชุดที่ 2 ระหว่างคำมโนทัศน์เจาะจงทั้งสองส่วน.....	171
52 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมระหว่างคำมโนทัศน์รอง และคำมโนทัศน์ย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 3.....	173
53 เกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมระหว่างคำมโนทัศน์ย่อย และคำมโนทัศน์เจาะจง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 3.....	175
54 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนคำเชื่อมของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในชุดที่ 3 ระหว่างมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์รอง.....	175
55 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนคำเชื่อมของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในชุดที่ 3 ระหว่างคำมโนทัศน์เจาะจงทั้งสองส่วน.....	176
56 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมระหว่างคำมโนทัศน์รอง และคำมโนทัศน์ย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 4.....	178

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
57	สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมระหว่างคำโน้ตสั้นย่อย และคำโน้ตสั้นเจาะจง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 4.....	178
58	สรุปเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนคำเชื่อมของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังการสร้างคำ ในชุดที่ 4 ระหว่างคำโน้ตสั้นย่อยและคำโน้ตสั้นเจาะจง ในส่วนที่แตกต่างจากเฉลย.....	180
59	สรุปเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนคำเชื่อมของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังการสร้างคำ ในชุดที่ 4 ระหว่างคำโน้ตสั้นเจาะจงทั้งสองส่วน.....	181
60	สรุปเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์รายวิชาฟิสิกส์แบบการเลือกคำเชื่อมแบบรายด้าน.....	182
61	เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำโน้ตสั้นหลัก ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 1, 2, 3 และ 4.....	185
62	เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำโน้ตสั้นรอง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 1.....	185
63	เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำโน้ตสั้นย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 1.....	186
64	เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำโน้ตสั้นรอง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 2.....	189
65	สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมของคู่คำโน้ตสั้นย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 2.....	189
66	เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำโน้ตสั้นรอง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 3.....	193
67	สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมของคู่คำโน้ตสั้นย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 3.....	193
68	เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำโน้ตสั้นรอง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผัง มโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 4.....	197

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
69 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมของคู่คำมโนทัศน์ย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลยชุดที่ 4.....	197
70 การปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ.....	212
71 การปรับคะแนนให้เท่ากันของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม.....	216
72 การปรับคะแนนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม.....	217
73 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน	219
74 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 1.....	220
75 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและความยากง่ายรายข้อและของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 2.....	220
76 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 3	221
77 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 4.....	221
78 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำเชื่อม ชุดที่ 1.....	222
79 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำเชื่อม ชุดที่ 2.....	222
80 อำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของประเมินแบบความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำเชื่อม ชุดที่ 3.....	222

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

- | | | |
|----|---|-----|
| 81 | คำอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำเชื่อม ชุดที่ 4..... | 223 |
|----|---|-----|



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	8
2 แผนผังมโนทัศน์แบบเต็มคำมโนทัศน์ลงในผังมโนทัศน์.....	15
3 แผนผังมโนทัศน์แบบเต็มคำเชื่อมแผนผังมโนทัศน์แบบเต็มคำ.....	16
4 แผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายเปิดตามแนวความคิดของเมิร์ลตัน.....	17
5 แผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออกตามแนวความคิดของเมิร์ลตัน.....	17
6 ผังมโนทัศน์ชนิดโยงข้ามชุดของซีเอ็มตามแนวคิดของเมิร์ลตัน.....	18
7 ผังมโนทัศน์ปลายปิดของวัฏจักรของน้ำบนผิวโลก.....	19
8 แผนผังมโนทัศน์ที่มีรูปแบบการสร้างโดยให้ระบุคำเชื่อม.....	20
9 องค์ประกอบความแปรปรวนของกรณีการออกแบบ	
การวัดแบบแบ่งบางส่วน (O:F) XP.....	41
10 แหล่งของความแปรปรวนและองค์ประกอบของความแปรปรวนสำหรับหนึ่ง	
องค์ประกอบแบบไขว้.....	46
11 แหล่งของความแปรปรวนและองค์ประกอบของความแปรปรวน	
สำหรับสององค์ประกอบแบบไขว้.....	48
12 แหล่งของความแปรปรวนและองค์ประกอบของความแปรปรวน	
สำหรับหนึ่งองค์ประกอบแบบแบ่ง เมื่อ i แฝงใน p.....	49
13 แหล่งของความแปรปรวนและองค์ประกอบของความแปรปรวนสำหรับสอง	
องค์ประกอบแบบแบ่ง เมื่อ i แฝงใน p.....	50
14 แหล่งของความแปรปรวนและองค์ประกอบของความแปรปรวนสำหรับออกแบบการ	
วัดแบบแบ่งบางส่วน (Partially nested design) (o:p)x r	
Design.....	52
15 องค์ประกอบของแหล่งความแปรปรวนกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน	
(Partial nested design) กรณีแบบ px (i:j).....	53
16 องค์ประกอบของแหล่งความแปรปรวนกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน	
กรณีแบบ(i:p) xj.....	54
17 องค์ประกอบของแหล่งความแปรปรวนกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน	
กรณีแบบi:(pxj).....	55
18 องค์ประกอบของแหล่งความแปรปรวนกรณีการออกแบบ	
การวัดแบบผสมแบบ (ixj):p.....	56

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
19 แบบแผนในการสุมตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	82
20 การสร้างแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชา ฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ การสร้างคำโดยการสร้างคำเชื่อม/เลือกคำเชื่อม.....	88
21 แนวทางการตอบ แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือก คำเชื่อม.....	91
22 ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานโดย แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 1	199
23 ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานโดย แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 2.....	200
24 ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน โดย แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 3.....	201
25 ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานโดย แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 4	202

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่เป็นแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาศาสตร์อื่นๆ แต่ปัญหาที่พบได้ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่จะเน้นที่ผลสุดท้ายของการเรียน คือ การนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนใหญ่มากกว่าที่นักเรียนจะซึมซับแนวคิดหรือมโนคติทางฟิสิกส์ จึงทำให้การเรียนส่วนใหญ่ประสบปัญหาในการเสริมความรู้และการสอนทฤษฎีใหม่ ๆ ที่จะนำไปสู่ความเข้าใจมโนคติทางฟิสิกส์ (สมนึก บุญพาไสว. 2534: 19-21) สภาพปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้อธิบายถึงรายวิชาฟิสิกส์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์ โดยในอดีตนั้นได้มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนมุ่งเน้นจดจำเนื้อหาสาระ และดำเนินการวัดผลโดยใช้แบบทดสอบเป็นหลัก นับตั้งแต่ได้มีการปฏิรูปทางการศึกษาตั้งแต่ปี 2542 สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 1) ได้มีการสอนวิทยาศาสตร์ โดยให้ความสำคัญในการคิดลงมือปฏิบัติ รวมทั้งปรับเปลี่ยนแนวทางในการวัดและการประเมินผลควบคู่ไปกับการจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยมีเป้าหมายของการประเมินเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ครอบคลุมทั้งความรู้ ความคิด กระบวนการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้ การใช้เทคโนโลยี รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนด้านจิตวิทยาศาสตร์และโอกาสในการเรียนรู้ นอกจากนี้ทางสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ตั้งเป้าหมายการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ใช้วิธีการประเมินหลากหลายทั้งการทดสอบด้วยข้อสอบและการประเมินจากการจัดกิจกรรมต่างๆ ที่สะท้อนถึงสมรรถนะผู้เรียน ในส่วนความรู้ ความคิดจากสภาพปัญหาที่การประเมินโดยการทดสอบด้วยข้อสอบไม่สามารถวัดผลประเมินผลในส่วนการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และประเมินค่าได้มากเพียงพอที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดระดับสูงจึงจำเป็นต้องประเมินผู้เรียนจากการลงมือปฏิบัติจริงให้มากยิ่งขึ้น (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546: 7)

ในกระบวนการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ตามเป้าหมายของการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามที่สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ตั้งไว้ คือ การสอนความคิดรวบยอด ทั้งนี้เนื่องจากความคิดรวบยอดเป็นรากฐานของความคิด มนุษย์จะคิดไม่ได้ถ้าไม่มีความคิดรวบยอด เพราะความคิดรวบยอดจะช่วยในการตั้งกฎเกณฑ์ หลักการต่างๆ ที่สามารถแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ นอกจากนี้ความคิดรวบยอดเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการสื่อความหมายที่เราจะมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (สุรางค์ โค้วตระกูล. 2554: 326) ซึ่งการสอนตามแนวความคิดรวบยอดดังกล่าวได้มีนักจิตวิทยาในกลุ่มพุทธิปัญญาหลายท่านได้เสนอแนวทางการสอนความคิดรวบยอดซึ่งมีฐานคิดที่แตกต่างกันออกไป เช่น ออซูเบล (Ausubel. 1968: 273-275) คลาสไมเออร์ และเฟรเยอร์ (สุรางค์ โค้วตระกูล. 2552: 328 อ้างอิงจาก Klausmeier; & Frayer. 1974.) ซึ่งในการเรียนการสอนตามทฤษฎีการเรียนรู้ของออซูเบล จะเน้นผลของระยะเวลาที่

ยาวนานในการจดจำ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Ausubel. 1968: 273) ต่อมาโนแวกและโกวิน (Novak; & Gowin 1984: 7, 94) ได้พัฒนาแนวคิดการสอนตามแนวความคิดรวบยอดของออสเชลโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ เพื่อใช้ในกระบวนการจัดการเรียนการสอนและการประเมินผลการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับโครงสร้างทางความรู้ตามแนวความคิดรวบยอดแบบพุทธิปัญญามากยิ่งขึ้น

จากผลการวิจัยของออสเชลเกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางความรู้ตามแนวทางการสอนแบบความคิดรวบยอดได้ถูกนำมาปรับใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ควบคู่กับการจัดการเรียนการสอนในต่างประเทศ ดังปรากฏในงานของ รุซ พรโม; สซูลท์; และชเวลสัน (Ruiz-primo; Schultz; & Shavelson. 2001: 261) ได้กล่าวถึง ลักษณะของแผนผังมโนทัศน์ซึ่งเป็นรูปแบบการประเมินที่กำหนดคำมโนทัศน์ที่เป็นคำหลักในขอบเขตของการจัดระบบในสมองของผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนเขียนความเชื่อมโยงของคำหลักที่กำหนดให้และระบุถึงความเชื่อมโยงด้วยคำอธิบายสั้นๆ นอกจากนี้รุซ พรโม; สซูลท์; และชเวลสัน (Ruiz-primo; Schultz; & Shavelson. 2001: 261) ได้ทำการศึกษาในงานวิจัยโดยศึกษาคุณภาพของแบบประเมินโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ด้านความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นที่ยังมีจำนวนน้อย ซึ่งภายหลังจากนั้นในประเทศไทยได้ริเริ่มมีการศึกษาการวิจัยในโรงเรียนเป็นครั้งแรก ดังปรากฏในงานวิจัยของวิยะดา ระวังสุข (2545) ที่นำรูปแบบแผนผังมโนทัศน์มาปรับใช้ร่วมกับการเรียนการสอน โดยใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือในการประเมินความคิดรวบยอด ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยลักษณะของแผนผังมโนทัศน์ในงานวิจัยดังกล่าว มีลักษณะที่เป็นแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงผัง และแผนผังมโนทัศน์แบบสร้างคำโดยใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิง เพื่อศึกษาคุณภาพของเครื่องมือและนับตั้งแต่นั้นมาจึงมีงานวิจัยการใช้แผนผังมโนทัศน์ในกระบวนการเรียนการสอนการสอนอย่างต่อเนื่อง(ประถมพร โคตา. 2554: บทคัดย่อ; ยุษฎี ภูวัญเมือง. 2549: บทคัดย่อ; เสาวนีย์ มาตรา. 2554:บทคัดย่อ) อีกทั้งในปี ค.ศ. 2008 หยิน; และชเวลสัน(Yin; & Shavelson. 2008: 277) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (G-theory) ในแผนผังมโนทัศน์ ที่เป็นวิธีการประเมินที่ครอบคลุมแหล่งของความแปรปรวนอย่างมาก ที่ทุกแหล่งความแปรปรวนถูกพิจารณาจากแหล่งของความคลาดเคลื่อน โดยแหล่งของความแปรปรวนคือการสุ่มคำมโนทัศน์ และความแปรปรวนระดับย่อยคือการเลือกคำเชื่อม ผลการทดลองพบว่าการประเมินโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่มีความแตกต่างกัน จะมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่แตกต่างกัน

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ที่มีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ที่สูงในระดับต่างๆและเพื่อต้องการสรุปคะแนนความคิดรวบยอดที่ได้ให้ใกล้เคียงกับคะแนนจริง อันจะส่งผลต่อการพัฒนาความคิดรวบยอดต่อนักเรียนในระดับต่อไป โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัดในสถานการณ์ในลักษณะต่างๆ ที่เป็นเป้าหมายของการนำเครื่องมือไปใช้ ซึ่ง G-theory เป็นวิธีการประมาณความน่าเชื่อถือหรือความเชื่อมั่น

(Reliability) ของเครื่องมือ และการออกแบบการวัดให้ได้ผลของการวัดที่มีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ถึงระดับที่ต้องการ เพื่อนำผลไปใช้เป็นสารสนเทศสำหรับการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient) ซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ในด้านความเชื่อมั่น ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนารูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด อันเป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบการเรียนการสอนในระบบความคิดรวบยอดต่อนักเรียนในระดับสูงขึ้นต่อไป

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ เรื่องงานและพลังงาน
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ เรื่องงานและพลังงาน โดยมีความมุ่งหมายย่อยดังนี้
 - 2.1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม
 - 2.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อมที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์และการวัดซ้ำแตกต่างกัน

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ทำให้ได้แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ที่มีคุณภาพ และมีความเชื่อมั่นสูง (Reliability) เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์สำหรับนักเรียนในการสร้างเสริมศักยภาพในการพัฒนาความคิดรวบยอดและเป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอนในการสำรวจและติดตามความก้าวหน้าในห้องเรียน อันเป็นประโยชน์ที่ให้ข้อมูลในการตัดสินใจประเมินผู้เรียนในด้านความรู้ และเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดในระดับชั้นอื่นๆ และวิชาอื่นๆต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 16 ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 6 โรงเรียน มีประชากรทั้งสิ้น 1,345 คน ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เนื่องจากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษมีความพร้อมในเรื่องของครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ที่มีจำนวนเพียงพอในแต่ละระดับชั้น และมีความพร้อมในเรื่องกระบวนการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2555 สังกัดสำนักงานมัธยมศึกษาเขต 16 จำนวน 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 94 คน ที่ได้มาจากการสุ่มสองขั้นตอน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่

1.1 ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์ จำแนกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1.1.1 ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (S) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ (CS)

1.1.2 ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม (S) ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ (SC)

1.2. การวัดซ้ำ

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณภาพความเชื่อมั่นที่หาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G- Coefficient) ของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์

เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอด

เรื่องงานและพลังงาน วิชาฟิสิกส์ เพิ่มเติม 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 เริ่มตั้งแต่วันที่ 8 กุมภาพันธ์ ถึง วันอังคารที่ 19 กุมภาพันธ์ 2556

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความคิดรวบยอด หมายถึง คุณลักษณะของความคิดในส่วนสาระสำคัญและความเข้าใจในกระบวนการคิด ที่สามารถนำมาจัดกลุ่ม แบ่งชั้นเข้าไว้ด้วยกันที่สามารถถ่ายทอดออกมาในการเขียนแผนผังมโนทัศน์ โดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งแสดงออกผ่านการเชื่อมคำเชื่อมในมโนทัศน์แต่ละระดับ

2. แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ หมายถึง แบบทดสอบชนิดอัตนัยที่มีรูปแบบการเขียนโดยการถ่ายทอดความรู้ ผ่านการวาดผังมโนทัศน์ตามลำดับชั้นของเนื้อหาที่แสดงความสัมพันธ์จากบนลงล่าง เพื่อเชื่อมโยงความคิดรวบยอดในรายวิชาฟิสิกส์ โดยประเมินในเนื้อหาเรื่องงานและพลังงาน ที่มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรายด้าน คือการใช้คำเชื่อม และการจัดระบบความสัมพันธ์ของคำมโนทัศน์ที่มีระดับของคุณภาพรวมทั้งลักษณะการสร้างคำเชื่อมแตกต่างกัน 2 ลักษณะ ดังนี้คือ

2.1 แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม หมายถึง แบบทดสอบชนิดอัตนัยเรื่องงานและพลังงานที่มีรูปแบบการเขียนโดยการถ่ายทอดความรู้ ผ่านการวาดผังมโนทัศน์ตามลำดับชั้นของเนื้อหาที่แสดงความสัมพันธ์จากบนลงล่าง เพื่อเชื่อมโยงความคิดรวบยอดในรายวิชาฟิสิกส์ รวมทั้งมีการกำหนดเกณฑ์และระดับคุณภาพ โดยกำหนดคำมโนทัศน์ทั้งหมดและมีเงื่อนไขให้นักเรียนสร้างคำเชื่อมเพื่อสร้างแผนผังมโนทัศน์จนสมบูรณ์ สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน คือ การใช้คำเชื่อม มี 3 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 1 และการจัดระบบความสัมพันธ์ของคำมโนทัศน์ มี 2 ระดับ คือ 0 และ 1

2.2 แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม หมายถึง แบบทดสอบชนิดอัตนัยเรื่องงานและพลังงานที่มีรูปแบบการเขียนโดยการถ่ายทอดความรู้ ผ่านการวาดผังมโนทัศน์ตามลำดับชั้นของเนื้อหาที่แสดงความสัมพันธ์จากบนลงล่าง เพื่อเชื่อมโยงความคิดรวบยอดในรายวิชาฟิสิกส์ รวมทั้งมีการกำหนดเกณฑ์และระดับคุณภาพ โดยกำหนดคำมโนทัศน์และคำเชื่อมทั้งหมดมาให้เพื่อให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์ให้สมบูรณ์ สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน คือ การใช้คำเชื่อม มี 3 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 1 และการจัดระบบความสัมพันธ์ของคำมโนทัศน์ มี 2 ระดับ คือ 0 และ 1

3. ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด หมายถึง การสร้างแผนผังมโนทัศน์ ที่มีลำดับของการสร้างที่แตกต่างกัน โดยจำแนกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้คือ

3.1 ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CS → SC) หมายถึง การดำเนินการทดสอบการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่มีการกำหนดคำมโนทัศน์ให้ โดยเริ่มจากให้นักเรียนสร้างผังคำและคำเชื่อมด้วยตนเองเพื่อให้เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ ตามด้วยให้นักเรียนเลือกผังคำและคำเชื่อมจากสิ่งที่กำหนดให้แล้วนำมาสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ หลังจากนั้นทั้งช่วงระยะเวลาห่าง 3 วัน แล้วดำเนินการทดสอบโดยการสลับการทดสอบที่เริ่มจากให้นักเรียนเลือกผังคำและคำเชื่อมจากสิ่งที่กำหนดให้ มาสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ ตามด้วยให้นักเรียนสร้างผังคำและคำเชื่อม เพื่อสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์

3.2 ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (SC → CS) หมายถึง การดำเนินการทดสอบการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่มีการกำหนดคำมโนทัศน์ให้ โดยเริ่มจากให้นักเรียนเลือกผังคำและคำเชื่อมมาสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ ตามด้วยให้นักเรียนสร้างผังคำและคำเชื่อมด้วยตนเองจนเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ตามลำดับ หลังจากนั้นทั้งช่วงระยะเวลาห่างเป็นเวลา 3 วัน แล้วดำเนินการทดสอบโดยสลับการทดสอบที่เริ่มจากนักเรียนสร้างผังคำและคำเชื่อม มาสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ ตามด้วยให้นักเรียนเลือกผังคำและคำเชื่อม เพื่อสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์

4. แบบทดสอบสมมูล หมายถึง แบบทดสอบอัตนัยที่กำหนดให้มีการสร้างแผนผังมโนทัศน์ ที่มีเงื่อนไขการสร้างแตกต่างกันตามรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอด จำนวน 4 ชุดโดยมุ่งวัดในเนื้อหาเรื่องงานและพลังงานเหมือนกัน ประกอบด้วยงานเป็นบวก จำนวน 2 สถานการณ์ งานเป็นลบจำนวน 2 สถานการณ์ งานเป็นศูนย์ 1 สถานการณ์ พลังงานศักย์เพิ่ม 1 สถานการณ์ พลังงานจลน์เพิ่ม 1 สถานการณ์ และมีความใกล้เคียงกันทางค่าสถิติของค่าความแปรปรวน ค่าเฉลี่ย และค่าความเชื่อมั่น

5. สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient) หมายถึง คุณภาพทางด้านความเชื่อมั่นของรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพและความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ โดยผู้วิจัยทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสมบูรณ์ (Absolute G - coefficient) ซึ่งเป็นการตัดสินใจที่ขึ้นกับคะแนนที่ได้จากผู้สอบเป็นสำคัญไม่ได้นำมาเปรียบเทียบความแตกต่างทั้งภายในกลุ่ม และภายนอกกลุ่ม และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (Relative G- Coefficient) ซึ่งเป็นการตัดสินใจเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่ม

6. เอกภพ (Universe) หมายถึง เงื่อนไขของการวัดที่สนใจทั้งหมดขององค์ประกอบ ได้แก่ ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด และการวัดซ้ำ

7. ฟาเซท (Facet) หมายถึง กลุ่มของเงื่อนไขของการวัดที่สนใจศึกษา ในการวิจัยครั้งนี้ มี 2 ฟาเซท คือ ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ (Format) และการวัดซ้ำ (Occasions) ของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์

8. คุณภาพของแผนผังมโนทัศน์ หมายถึง คุณลักษณะของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ซึ่งพิจารณาจากคุณลักษณะดังต่อไปนี้

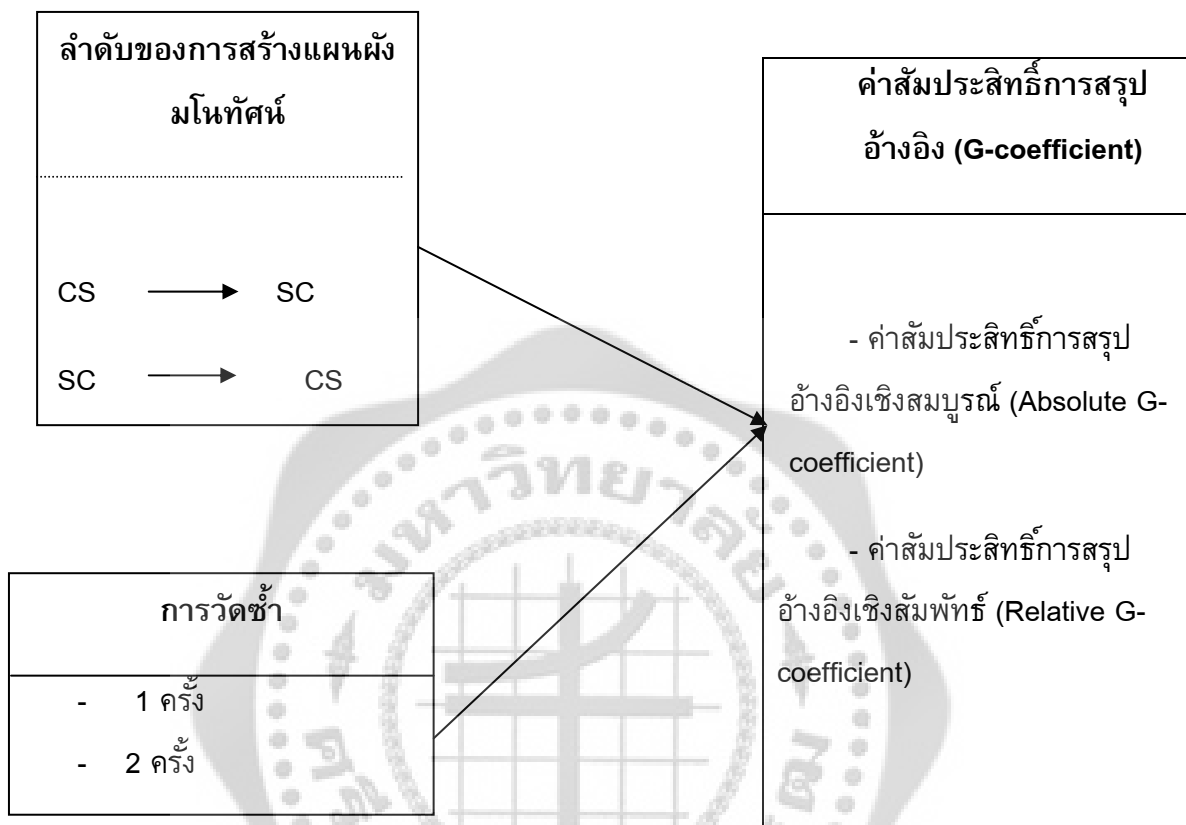
8.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาที่มุ่งวัดกับคำมโนทัศน์ที่มุ่งวัดในแผนผังมโนทัศน์ ในเรื่อง งานและพลังงาน โดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญทางฟิสิกส์และทางด้านวัดผล

8.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง คุณสมบัติของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่คำนวณได้จากค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรแบบความสอดคล้องภายใน (internal consistency) ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha)

กรอบแนวคิดในงานวิจัย

วิชาฟิสิกส์เป็นแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนาศาสตร์อื่นๆที่มีความจำเป็นต่อการพัฒนาความคิดของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้าใจในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ที่จำเป็นต้องอาศัยการเรียนรู้แบบความคิดรวบยอดที่เป็นรากฐานของความคิด และการใช้แผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยจัดระบบความสัมพันธ์ของกลุ่มคำต่างๆที่ได้เรียนรู้ผ่านมานั้นคือ จะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาสาระในรายวิชาฟิสิกส์ สามารถนำความคิดรวบยอดที่เกิดจากการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ไปสู่การพัฒนาความคิดรวบยอดในรายวิชาอื่นๆ และเป็นพื้นฐานในระดับการศึกษาสูงขึ้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์จากการศึกษาของ หยินและชเวลสัน (Yin; & Shavelson. 2008: 273-291) พบว่าลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่แตกต่างกัน การวัดซ้ำที่ต่างกัน ซึ่งเป็นแหล่งของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนที่มาจากความคลาดเคลื่อนหลายแหล่ง ที่ส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการวัด ผู้วิจัยจึงได้หาแนวทางในการพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ โดยนำแนวคิดของหยินและชเวลสันมาเป็นแนวคิดหลักในการกำหนดตัวแปรอิสระคือลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่แตกต่างกัน และการวัดซ้ำที่ต่างกัน ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ที่พิจารณาทั้งค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสมบูรณ์ และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สูงในระดับที่มากพอทำให้เกิดการพัฒนาความคิดรวบยอดของนักเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory; G-theory) มาประยุกต์ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นการพัฒนา

และตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. การสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่มีลำดับการสร้างที่แตกต่างกัน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์มีค่าแตกต่างกัน
2. การวัดซ้ำที่แตกต่างกัน จะมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมมีค่าแตกต่างกัน
3. การวัดซ้ำที่แตกต่างกัน จะมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมมีค่าแตกต่างกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการประเมินในรายวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ในเรื่องงานและพลังงานและตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ (Concept mapping) ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอด
2. แนวคิดเกี่ยวกับแผนผังมโนทัศน์
3. สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
4. ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalization Theory)
5. วิธีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ

1. แนวคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอด

ในการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอด ผู้วิจัยศึกษาในประเด็นต่างๆที่เกี่ยวข้องคือ ความหมายความคิดรวบยอด ประเภทความคิดรวบยอด กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด การรูปแบบการเรียนรู้แบบความคิดรวบยอด และทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบล ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละประเด็นดังนี้

1.1 ความหมายความคิดรวบยอด

ความคิดรวบยอด มาจากคำภาษาอังกฤษ Concept ซึ่งนักการศึกษาไทยหลายท่านได้กำหนดชื่อ ที่ใช้แทน Concept ดังกล่าวในชื่อเรียกที่แตกต่างกัน เช่น สังกัป มโนทัศน์ มโนคติ และความคิดรวบยอด เป็นต้นโดยนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายความคิดรวบยอดไว้ดังนี้

กู๊ดวิน; และคลอสไมเออร์ (Goodwin; & Klausmeire. 1976: 96) ได้ให้ความหมายความคิดรวบยอดว่าสิ่งที่บ่งบอกถึงคุณลักษณะของสิ่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือกระบวนการที่ทำให้เราแยกสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นออกจากสิ่งอื่นได้ ขณะเดียวกันก็สามารถที่จะเชื่อมโยงสิ่งที่เป็นหมวดหมู่เดียวกันเข้าวัดด้วยกัน

เดอ เซคโก (De Cecco. 1968: 388) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดรวบยอดคือ ประเภทหรือกลุ่มของสิ่งเร้า ที่มีคุณสมบัติหลายประการที่มีลักษณะร่วมกันอยู่ ซึ่งสิ่งเร้าสามารถเป็นได้ทั้งวัตถุ สิ่งของ หรือสิ่งมีชีวิต ตลอดจนเหตุการณ์ ที่กำหนดตามความเฉพาะและกำหนดชื่อเพื่อใช้เรียกเฉพาะ

มาร์โทเรลลา และปีเตอร์ (วิวัฒน์ ศรีไตรรัตน์. 2544: 17; อ้างอิงจาก Matorella; & Peter. 1986. Classroom teaching Skills) ได้กล่าวถึง ความคิดรวบยอด.ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. ความคิดรวบยอดเป็นการจัดลำดับชั้นของประสบการณ์ที่เป็นระเบียบ
2. ความคิดรวบยอดเป็นข่ายงานของความเกี่ยวเนื่องทางปัญญา ที่นำมาสู่การจัดประเภท ซึ่งนำวัตถุ เหตุการณ์ หรือประสบการณ์ที่เราเผชิญ ซึ่งมักจะนำมาใช้ในการประสานเพื่อแก้ไขปัญหา

เอเกน; พอล; และคอสชาค (วิวัฒน์ ศรีไตรรัตน์. 2544 :18; อ้างอิงจาก Eggen; Paul; & Kauchak. 1992. Education Psychology: Classroom Connections) ได้กล่าวถึง ความคิดรวบยอดเป็นลักษณะนามธรรมที่เกิดจากการจัดกลุ่มลำดับชั้นของ วัตถุ เหตุการณ์ ความคิด

เพ็ญพิไล ฤทธาคนานนท์ (2536: 1) ได้ให้ความหมายของความคิดรวบยอดเป็นกลุ่มของ วัตถุ เหตุการณ์ ความคิด หรือบุคคล ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันแต่ละหนึ่งลักษณะขึ้นไป และทำให้ความคิดรวบยอดนั้นแตกต่างจากความคิดอื่นๆ

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2546: 120) ได้สรุปความคิดรวบยอดในแง่จิตวิทยา กล่าวคือ ความคิดรวบยอดเป็นผลที่เกิดจากการรับรู้ที่มีต่อสิ่งเร้าต่อคุณลักษณะต่างๆ ร่วมกันอยู่ โดยรวมสิ่ง ที่คล้ายคลึงกันมารวมไว้เป็นรูปแบบเดียวกัน

สุวิทย์ มูลคำ; และอรรถ มูลคำ. (2547: 10) ได้ให้ความหมายของการคิดรวบยอด คือ ความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับการจัดกลุ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วใช้คุณลักษณะหรือคุณสมบัติที่มีคุณลักษณะ คล้ายคลึงกันจัดเข้ากลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ความเข้าใจต่อสิ่งต่างๆ ง่ายขึ้น

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ความคิดรวบยอด เป็นคุณลักษณะของความคิดในส่วน สำคัญและความเข้าใจในกระบวนการคิด ที่สามารถนำมาจัดกลุ่ม แบ่งชั้นเข้าใจด้วยกัน ที่มีการ เชื่อมโยงความสัมพันธ์

1.2 ประเภทของความคิดรวบยอด

ประเภทความคิดรวบยอดเป็นรูปแบบของแนวคิดที่นักวิชาการทางการศึกษาได้เสนอเพื่อให้ สามารถจำแนกเป็นกลุ่มได้ โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภทความคิดรวบยอดที่มีการ แบ่งที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียด ดังนี้

เดอ เซค โก (De Cecco. 1968: 390-395) ได้แบ่งความคิดรวบยอดออกเป็น 3 ประเภท

1. ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะร่วมกัน (Conjunctive Concept)
2. ความคิดรวบยอดลักษณะเลือก (Disjunctive Concept)

3. ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะสัมพันธ์ด้วยความเป็นเหตุเป็นผล (Relational concept)

อับราฮัม; และวิลเลียมสัน (Abraham; & Williamson. 1994: 152) ได้แบ่งความคิดรวบยอด ออกเป็น 5 ประเภท

1. ความคิดรวบยอดถูกต้องครบถ้วน (Sound Understanding; SU) หมายถึง ความคิดรวบยอดที่ตรงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับ มีหลักฐานปรากฏในเอกสารงานวิจัย บทความทางวิชาการ หรือตำรา ครบถ้วนทุกองค์ประกอบ

2. ความคิดรวบยอดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding; PU) หมายถึง ความคิดรวบยอดที่ประกอบด้วย ส่วนที่ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ แต่ไม่ครบทุกองค์ประกอบ ของความคิดรวบยอด

3. ความคิดรวบยอดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception : PU/SM) หมายถึง ความคิดรวบยอดที่ประกอบด้วย ส่วนที่ถูกต้องอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ แต่มีความคิดรวบยอดที่คลาดเคลื่อน

4. ความคิดรวบยอดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception:SM) หมายถึง แนวความคิดที่ไม่ถูกต้อง คลาดเคลื่อนจากแนวความคิดที่ถูกต้อง

5. ไม่เข้าใจในความคิดรวบยอด (Not Understanding : NU) หมายถึง นักเรียนไม่สามารถตอบคำถาม ทวนกลับคำถาม หรือตอบคำถามไม่ชัดเจน

ดังนั้น ประเภทของความคิดรวบยอดสามารถแบ่งได้ตามหลักการทั่วไป ที่มีลักษณะร่วมกัน ความเป็นเหตุเป็นผล หรือลักษณะเลือก และประเภทที่มีรูปแบบตามหลักเกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความสมบูรณ์ในการแสดงออกถึงความคิดรวบยอด ว่ามีความสมบูรณ์ครบถ้วน หรือบางส่วนมีส่วนที่คลาดเคลื่อนหรือไม่

1.3 กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด

กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด เป็นกระบวนการต้องผสมความร่วมมือจากผู้เรียน โดยผู้เรียนจำเป็นต้องอาศัยการพัฒนาอย่างมีลำดับขั้นตอนเพื่อนำไปสู่ความคิดรวบยอด ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการสร้างความคิดรวบยอดซึ่งจะกล่าวในลักษณะต่างๆ ดังนี้

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2546: 124-125) กล่าวว่า การสร้างความคิดรวบยอดเป็น กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ ความจำ การคิดหาเหตุผล การจัดระเบียบของการคิดให้เป็นหมวดหมู่ ลักษณะร่วม ซึ่งกระบวนการดังกล่าวต้องอาศัยการพัฒนาอย่างเป็นลำดับขั้นต่อเนื่อง และเป็นกระบวนการที่สลับซับซ้อน ซึ่งในบางครั้งอาจนำไปสู่การสร้างคามเหมือน

ทศนา แคมมณี (2548: 112) กล่าวถึงกระบวนการสร้างความคิดรวบยอดดังนี้

1. สังเกต โดยให้ผู้เรียนรับข้อมูลและศึกษาวิธีการต่างๆ โดยใช้สื่อประกอบ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อกำหนดลักษณะเฉพาะได้ด้วยตนเอง

2. จำแนกความแตกต่าง ให้ผู้เรียนบอกความแตกต่างของสิ่งที่รับรู้ให้เหตุผลในความแตกต่าง

3. หาลักษณะร่วม ให้ผู้เรียนเห็นความเหมือนของสิ่งที่รับรู้ สรุปเป็นวิธีการ หลักการ คำจำกัดความหรือนิยาม

4. ระบุนิยามความคิดรวบยอด เมื่อผู้เรียนได้ความคิดรวบยอดในสิ่งที่รับรู้

5. ทดสอบและนำไปใช้ ผู้เรียนได้ทดลอง ทดสอบสังเกต ทำแบบฝึกปฏิบัติ เพื่อประเมินการเรียนรู้

ดังนั้น กระบวนการสร้างความคิดรวบยอดเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยทักษะทางการคิด ที่ต้องเริ่มจากการสังเกต การจำแนกความแตกต่าง การหาลักษณะร่วม การนำไปใช้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นกระบวนการที่พร้อมกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการสร้างความคิดรวบยอดได้

1.4 รูปแบบการเรียนรู้ของความคิดรวบยอด

รูปแบบการเรียนรู้แบบความคิดรวบยอด เป็นรูปแบบของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งที่เกิดจากผู้เรียนได้เรียนรู้ และผู้สอนได้ใช้รูปแบบเพื่อพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของความคิดรวบยอด ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบการเรียนรู้ของความคิดรวบยอด จากนักวิชาการที่กล่าวไว้ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

การเรียนรู้แบบความคิดรวบยอด (Concept Learning) ของออสซูเบล (สฺรารค์ ไคว้ตระกูล. 2550: 300; อ้างอิงจาก Ausubel. 1968. Education Psychology: Cognitive view) ได้กล่าวสรุปเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้แบบความคิดรวบยอดที่อาจแบ่งได้เป็น 2 แบบ

1. Concept Formation หมายถึง การเรียนรู้ความคิดรวบยอดประสบการณ์เป็นการเรียนรู้ที่อาศัยการค้นพบโดยการอนุมาน (Inductive Process) เด็กที่เรียนรู้กับความคิดรวบยอดเกี่ยวกับของหมวก กับรองเท้า โดยอาศัยประสบการณ์ว่าเมื่อออกไปข้างนอก เด็กสวมหมวกที่ศีรษะ สวมรองเท้าที่เท้า เด็กรับรู้การรับรู้รูปร่างหมวก หมวกแทนสิ่งคนที่รับรู้และมีมโนภาพ

2. Concept Assimilation เป็นกระบวนการรับรู้ความคิดรวบยอดแบบอนุมาน (Deductive process) โดยทราบคำจำกัดความจากความคิดรวบยอด พร้อมกับตัวอย่างความคิดรวบยอด พร้อมคุณลักษณะวิกฤติ (Critical Attribute) ของความคิดรวบยอด

รูปแบบการสอนเพื่อให้เกิดความคิดรวบยอดได้พัฒนามาจากในงานวิจัยของกูดนาและออสติน (พันธ์ ทองชุมนุม. 2547: 111; อ้างอิงจาก Goodnow; & Austin. n.d.) โดยมีขั้นตอนของการสอนเริ่มจากการนำเสนอให้ข้อมูลให้นักเรียน โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลที่เป็นตัวอย่างของความคิดรวบยอด และข้อมูลที่ไม่เป็นตัวอย่างของความคิดรวบยอด ผู้สอนจะต้อง

อธิบายให้แก่นักเรียน ตัวอย่างความคิดรวบยอดกล่าวถึงเรื่องแบบใด และเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ใช้ความคิดรวบยอด โดยมีขั้นตอนการนำเสนอข้อมูลและระบุความคิดรวบยอด

1. ผู้สอนนำเสนอตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของความคิดรวบยอดและที่ไม่ใช้ความคิดรวบยอด
2. ผู้สอนให้ผู้เรียนยืนยันสมมติฐาน ระบุชื่อความคิดรวบยอด และทบทวนนิยามความคิดรวบยอด

3. ผู้เรียนยกตัวอย่างความคิดรวบยอด และกลุ่มที่ไม่ใช้ความคิดรวบยอด

จากรูปแบบการเรียนรู้ของแนวความคิดรวบยอดนั้นเกิดจากผู้เรียนต้องมีการจัดระบบความคิด โดยทำความเข้าใจกับตัวอย่าง และเข้าใจกระบวนการสร้างความคิดรวบยอด ผู้เรียนจึงสามารถตอบสนองโดยเรียนรู้ตามแบบความคิดรวบยอดได้

1.5 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบล

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายเป็นการมุ่งเน้นความสัมพันธ์ของการเชื่อมโยงที่จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้รวมหรือเชื่อมโยง(Subsume) สิ่งเรียนรู้ใหม่ที่จะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือความรู้ที่ได้ใหม่เข้าไปในส่วนที่เป็นโครงสร้างด้านสติปัญญา หรือความรู้เดิมโดยแบ่งเป็น 3 ประเภท (สราญค์ โค้วตระกูล, 2550: 321)

1. Subordinate Learning เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายโดยใช้วิธี Derivative หรือ Correlative Subsumption กระบวนการแบบ Derivative Subsumption ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับกฎเกณฑ์ที่มีมาแล้ว ส่วน Correlative Subsumption หมายถึงการเรียนรู้ที่มีความหมายที่เกิดจากการขยายความ หรือปรับความรู้เดิมให้มีความสัมพันธ์กับความรู้ใหม่

2. Superordinate Learning เป็นการเรียนรู้โดยวิธีอุปนุมาณ ผู้เรียนอาจจะจัดกลุ่มสิ่งที่เรียนโดยความรู้ใหม่เข้ากับความคิดรวบยอดที่กว้างมากขึ้น เช่น การเรียนรู้ลักษณะย่อยที่เป็นหมวดหมู่สัตว์

3. Combinatorial Learning เป็นการเรียนรู้หลักการกฎเกณฑ์ต่างๆในเชิงผสมวิชาคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ โดยให้เหตุผลหรือการสังเกต ตัวอย่าง ความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและระยะทาง

ดังนั้น การเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบลเป็นการเน้นการขยายองค์ความรู้ใหม่จากสิ่งเดิม ไม่ว่าจะเป็นการนำมาสัมพันธ์ นำมาปรับโครงสร้างความรู้ หรือใช้หลักกฎเกณฑ์ เพื่อให้ได้ความคิดรวบยอด

2. แนวคิดเกี่ยวกับแผนผังมโนทัศน์

ในการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแผนผังมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้ศึกษาในประเด็นต่างๆที่เกี่ยวข้องคือ ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ รูปแบบของแผนผังมโนทัศน์ ประโยชน์ของผังมโนทัศน์ องค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ และเกณฑ์การให้คะแนนของผังมโนทัศน์ ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละประเด็น ดังนี้

2.1 ความหมายของแผนผังมโนทัศน์

แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินทางด้านความรู้พุทธิพิสัยของนักเรียน (Cognitive Domain) แผนผังมโนทัศน์ได้เกิดขึ้น โดยท่านนักการศึกษาที่มีชื่อว่า โจเซฟ ดี โนแวก ที่ได้นำเอาทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบล (David Ausubel) มาผสานกับรูปแบบการสอนที่มีการมุ่งประเด็นในเรื่องที่เฉพาะนั้นๆ ผ่านทางความรู้ที่มีโครงสร้างเป็นลำดับขั้น หรือมีความเป็นขั้น (Hierarchy) ซึ่งเป็นการถ่ายทอดจากทฤษฎีออกสู่เครื่องมือในการปฏิบัติ ซึ่งแนวความคิดทางด้านแผนผังมโนทัศน์ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในรูปแบบการสอนในรายวิชาต่างๆ

จากการศึกษานิยามของแผนผังมโนทัศน์ที่ท่านนักการศึกษาหลายท่านได้สนใจ ได้ให้นิยามที่แตกต่างกันออกไป

โนแวก และโกวิน (Novak; & Gowin. 1984: 15) ได้ให้ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ว่าเป็นสิ่งที่ใช้แทนความหมายของความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มข้อความหรือประพจน์ (Preposition) โดยอาศัยเส้นที่เชื่อมโยงระหว่างความสัมพันธ์ของกลุ่มคำหรือประพจน์

รุซ พรโม สซูลท์ และชเวลสัน (Ruiz-Primo; Schultz; & Shavelson. 2001: 261) ได้กล่าวว่าแผนผังมโนทัศน์คือลักษณะของแผนภาพที่มีส่วนที่เป็นมโนทัศน์ที่ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐาน ที่รวมทั้งเส้นที่เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ เพื่อแสดงว่ามโนทัศน์มีความสัมพันธ์กันเช่นใด

บุซัน (สุกัญญา ศิริเลิศพรธนา. 2553: 7; อ้างอิงจาก Buzan. 1991: 57) ได้นิยามแผนผังมโนทัศน์ เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดระบบความคิดความเชื่อมโยง การจัดลำดับความสำคัญ การให้น้ำหนัก หรือนำข้อมูลเข้าไว้ด้วยกันอย่างมีระบบระเบียบ ก่อนจะสื่อออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจตามความมุ่งหมาย โดยใช้คำสำคัญนำเสนอแนวคิดหลัก และกระจายความคิดออกจากจุดกลางออกไปเรื่อยๆ เปรียบเสมือนความคิดย่อย ที่มีการใช้สัญลักษณ์เพื่อสร้างมิติช่วยในการกำหนดมิติแสดงความสัมพันธ์ มีการลากเส้นเชื่อมโยงให้เห็น

สุวิทย์ มูลคำ; และอรรถ มูลคำ (2545: 174) ได้ให้ความหมายแผนผังมโนมติ ในลักษณะเป็นแผนผังหรือแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ของมโนมติเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีระบบและมีลำดับขั้น โดยอาศัยคำหรือข้อความเป็นตัวเชื่อมให้ความสัมพันธ์กับมโนมติต่างๆ เป็นไปอย่างมีความหมาย อาจมีทิศทางเดียว สองทิศทางหรือมากกว่าก็ได้

ดังนั้น แผนผังมโนทัศน์คือมิติตามความสัมพันธ์ของระบบการคิดเชื่อมโยงที่มีการแสดงออกโดยใช้แผนภาพ เพื่อแสดงเรื่องราวความเชื่อมโยงระหว่างความคิดย่อยจากความคิดหลัก

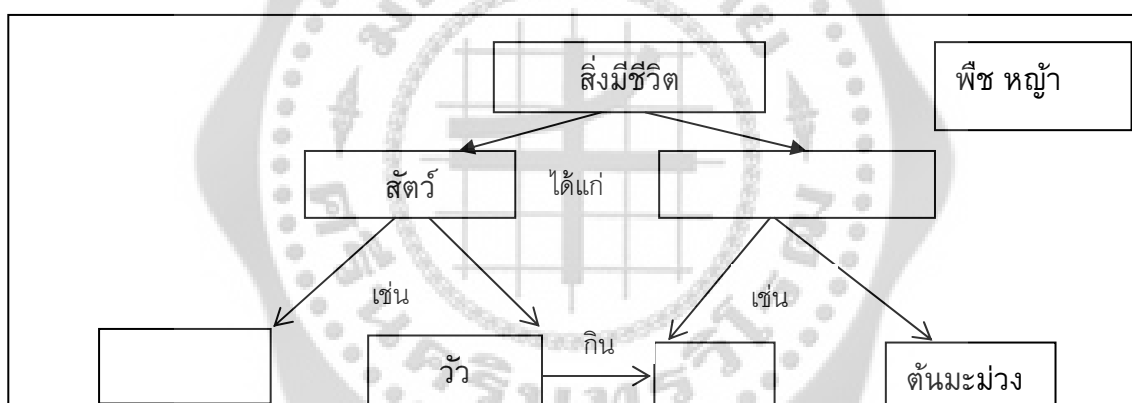
2.2 รูปแบบของแผนผังมโนทัศน์

รูปแบบของแผนผังมโนทัศน์ ที่ใช้ในกระบวนการเรียนการสอน รวมทั้งในการประเมินผล นั้นมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป ตามนักวิชาการทางการศึกษาได้จำแนกโดยขึ้นอยู่กับลักษณะของงานวิจัยหรือการใช้ประโยชน์ ซึ่งมีรายละเอียดของรูปแบบของแผนผังมโนทัศน์ ดังนี้

รุซ พรโม; สซูลท์; และชเวลสัน (Ruiz-Primo; Schultz; & Shavelson. 2001: 260) ได้ศึกษาความแตกต่างระหว่างรูปแบบของแผนผังมโนทัศน์ 2 รูปแบบ

1.รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่ที่รูปแบบการเติมคำลงในแผนผัง (Fill in the map) เป็นเทคนิคที่มีการกำหนดรูปแบบของแผนผังที่ไม่สมบูรณ์ เพื่อให้ให้นักเรียนได้ฝึกการปฏิบัติโดยอาศัยการคัดเลือกคำ หรือเส้นที่เชื่อมโยงมาเติมให้สมบูรณ์ ซึ่งวิธีดังกล่าวสามารถจำแนกเป็น 2 เงื่อนไข

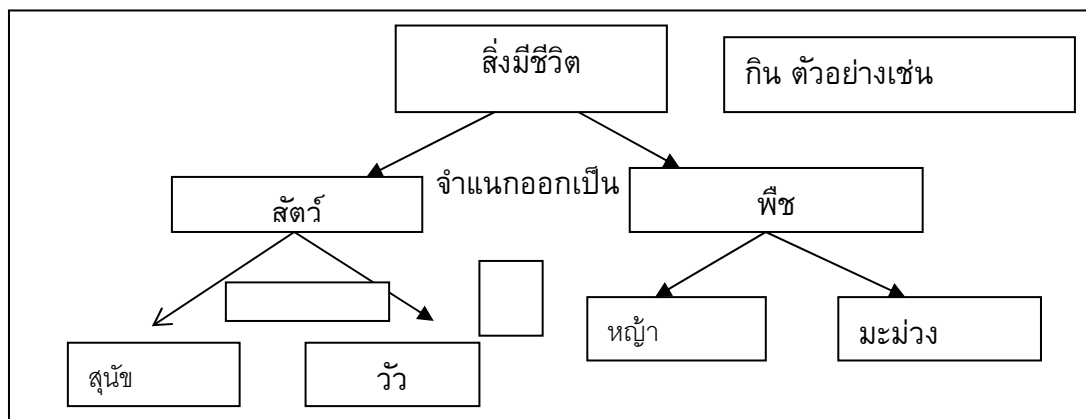
1.1 แบบเติมคำมโนทัศน์ลงไปในแผนผังมโนทัศน์ (Fill in the map) เป็นรูปแบบการประเมินที่มีการกำหนดเงื่อนไขของเส้นที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคำ หรือมโนทัศน์ แต่มีส่วนของคำในบริเวณบางตำแหน่งของแผนผังที่มีการเว้นว่าง เพื่อให้ให้นักเรียนได้เติมคำลงไป เพื่อให้แผนผังมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำมโนทัศน์ลงในผังมโนทัศน์

ที่มา: วิยะดา ระวังสุข. (2545). การประเมินความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้แผนผังมโนทัศน์. หน้า 17.

1.2 แบบเติมคำเชื่อมลงบนเส้น (Fill in The Line) มีการออกแบบโดยให้โครงสร้างของแผนผัง มีการกำหนดเส้นเชื่อมโยงของแผนผัง (Linking Line) และกำหนดคำที่ถูกเชื่อมโยงอย่างครบถ้วน ในส่วนของเส้นที่เชื่อมโยงระหว่างคำจะมีการเว้นให้นักเรียนเติมคำเพื่ออธิบายความเชื่อมโยง จากคำที่กำหนดเมื่อเริ่มต้น ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำเชื่อมแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำ

ที่มา: วิยะดา ระวังสุข. (2545). การประเมินความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์. หน้า 18.

2 รูปแบบการจัดทำแผนผังมโนทัศน์ (Construct-a-map) เป็นการ จัดแผนผังที่มีการกำหนดเงื่อนไขโดยการกำหนดคำที่ใช้ในการสร้างแผนผัง โดยนักเรียนต้องออกแบบสร้างแผนผังมโนทัศน์

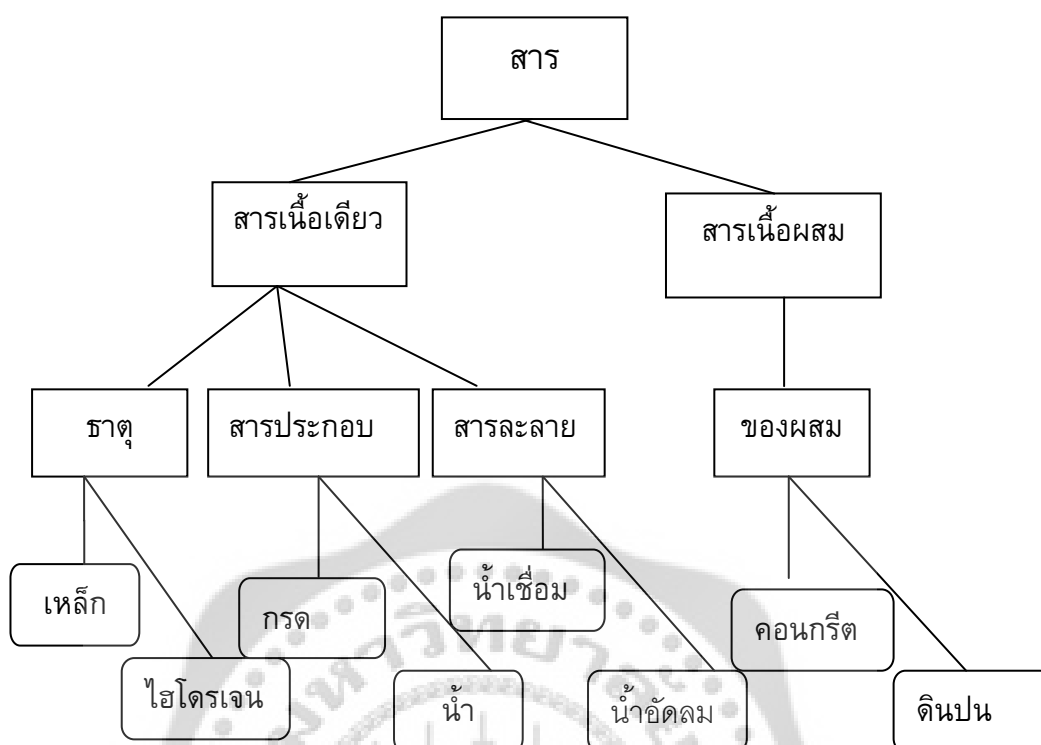
นอกจากนี้ หยิน และชเวลสัน (Yin; & Shavelson. 2008) ได้นำเอาแนวคิดของรูปแบบของแผนผังมโนทัศน์ที่รูซ พรโม และชเวลสันได้เสนอไว้มาจัดลำดับในการประเมินในรายวิชาเคมี ซึ่งในแนวคิดดังกล่าวได้ใช้รูปแบบการจัดทำแผนผังมโนทัศน์ (Construct-a-map) และ ปรับประยุกต์แผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำเชื่อมลงบนเส้น (Fill in The Line) เป็นรูปแบบการเลือกคำเชื่อม (Selecting -phrases) โดยเสนอลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ไว้สองแบบ คือ

1) ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS)

2) ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม (S) ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC)

แนวความคิดของเมอร์ลตัน (Merle tan) แห่งมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ได้จำแนกผังมโนทัศน์ (concept mapping ; CM) ออกเป็น 4 ประเภท (มนัส บุญประกอบ. 2548: 24; อ้างอิง Merle tan.)

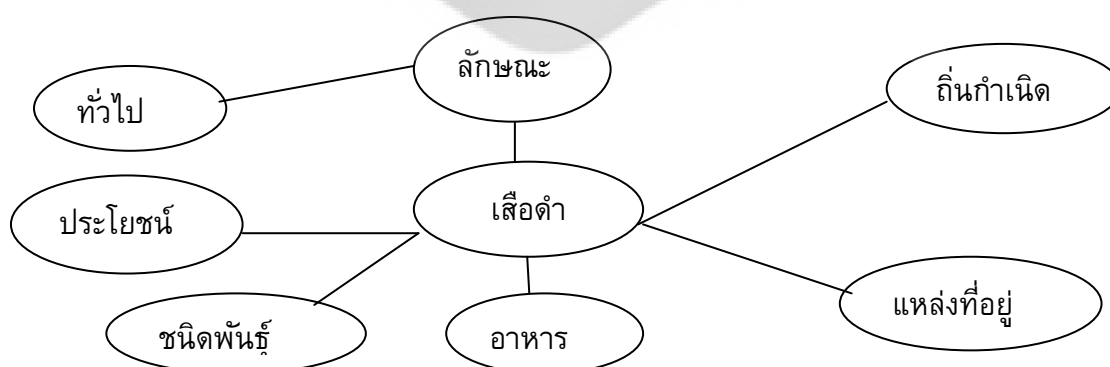
1 ชนิดปลายเปิดหรือระดับชั้นที่ลดหลั่นกันมา ชนิดนี้มีลักษณะตามรูปแบบคล้ายแบบโนแวก ดังแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายเปิดตามแนวความคิดของเมอร์ลตัน

ที่มา: มนัส บุญประกอบ. (2548). ซีเอ็ม: แนวทางการจัดระบบความคิด. หน้า 19.

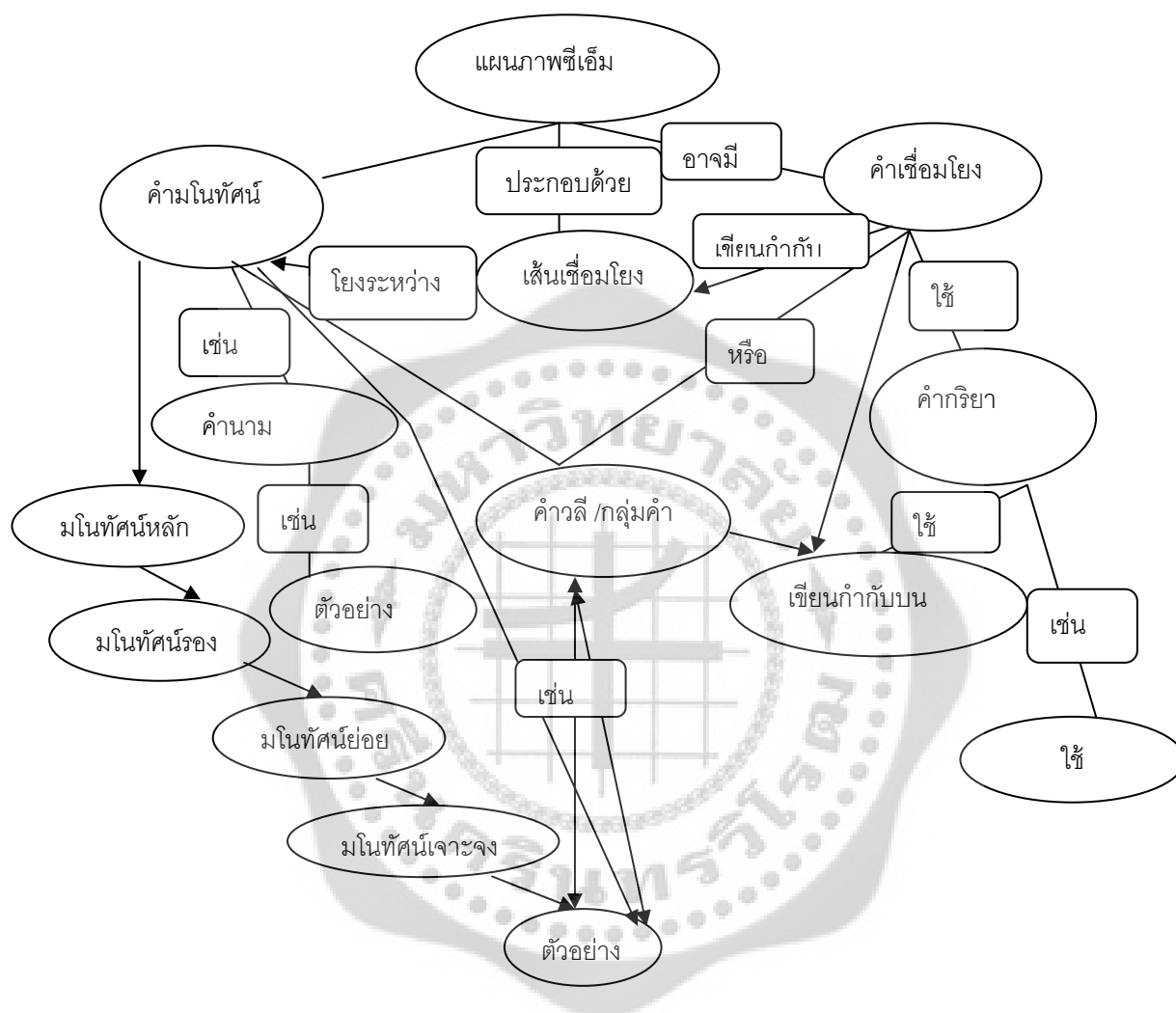
2 ชนิดกระจายออก จากแนวความคิดหลัก หรือโน้ตหลักมีการแตกแขนงไปรอบทิศ ในบางครั้งอาจเรียกว่าแบบใยแมงมุม(Spider Map or Spider gram) หรืออาจแตกแขนงไปเรื่อยๆ คล้าย mind map ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 แผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออกตามแนวความคิดของเมอร์ลตัน

ที่มา: มนัส บุญประกอบ. (2548). ซีเอ็ม: แนวทางการจัดระบบความคิด. หน้า 25.

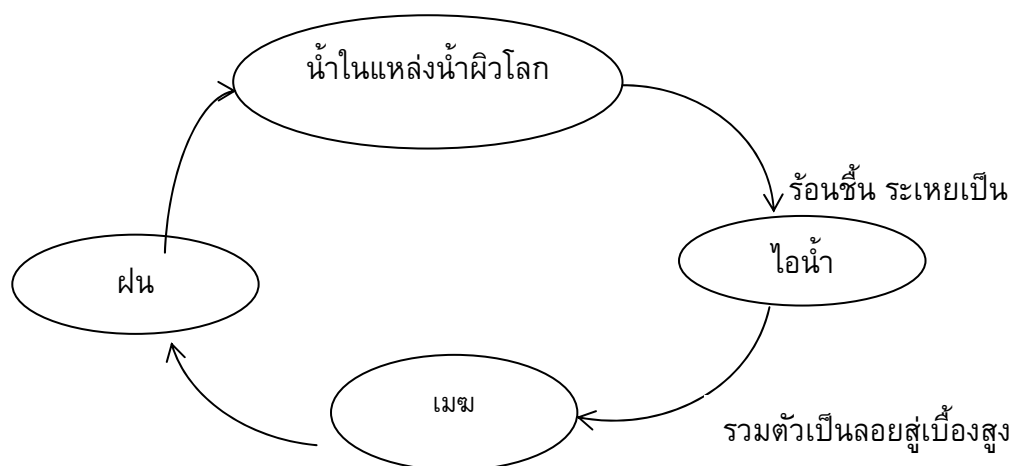
3 ชนิดโยงข้ามชุด (Cross link) เป็นลักษณะที่มีอยู่เดิมในรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ของโนแวก ซึ่งรูปแบบนี้มีมุ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำมโนทัศน์ที่อยู่นอกกลุ่มในแผนผังมโนทัศน์ภาพเดียวกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แผนผังมโนทัศน์ชนิดโยงข้ามชุดของซีเอ็มตามแนวคิดของเมอร์ลตัน

ที่มา: มนัส บุญประกอบ. (2548). ซีเอ็ม: แนวทางการจัดระบบความคิด. หน้า 21.

4 ชนิดปลายปิดหรือวงปิด เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่เกิดจากความสัมพันธ์ที่มีลักษณะเป็นแบบวงจรเช่น ตัวอย่างของการเกิดวัฏจักรที่เป็นแบบซ้ำๆ เช่น วัฏจักรการเกิดน้ำในแหล่งน้ำ ดังแสดงในภาพประกอบ 7



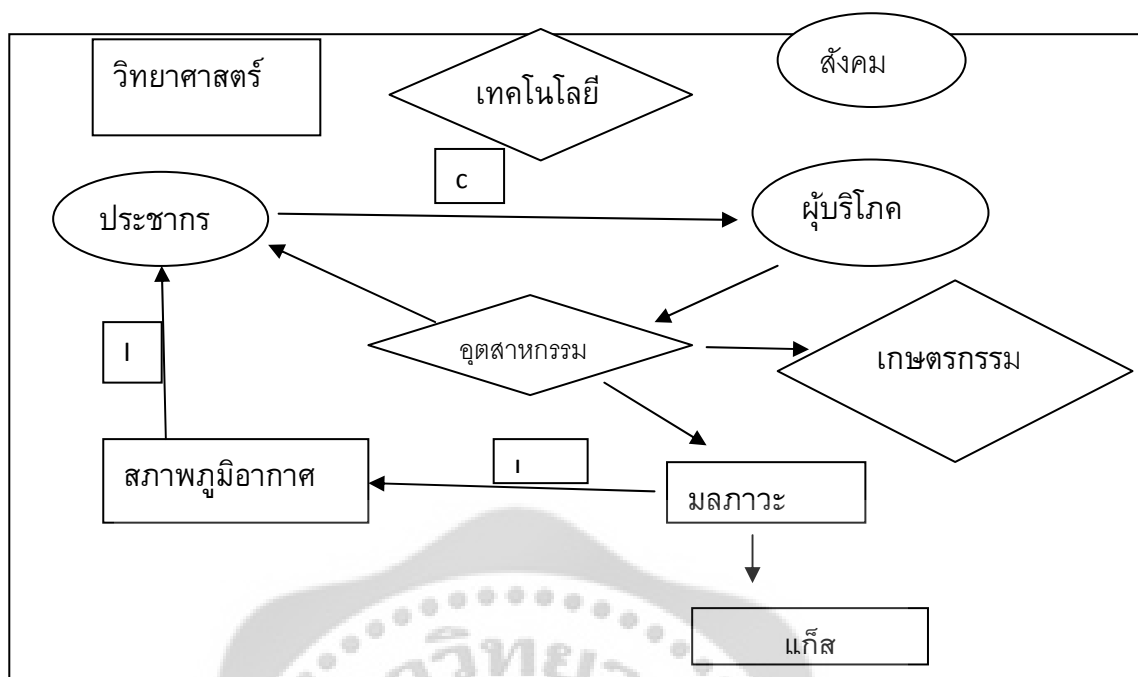
ภาพประกอบ 7 ผังมโนทัศน์ปลายปิดของวัฏจักรของน้ำบนผิวโลก

ที่มา: มนัส บุญประกอบ. (2548). ซีเอ็ม: แนวทางการจัดระบบความคิด. หน้า 25.

แม็คคอลลอ และ เบล (Ruiz primo; & Shavelson. 1996: 580; citing McClure; & Bell .1990. Concept Map with semantic labels provide. p 9) ได้กล่าวถึงแผนผังมโนทัศน์ที่มีรูปแบบการสร้างโดยให้ระบุคำที่ใช้เชื่อม ที่มีลักษณะการนำเสนอแผนผังมโนทัศน์ที่มีการกำหนดคำมโนทัศน์และคำที่ใช้เชื่อมมาให้

คำสำคัญ : ลูกศรจะระบุทิศทางความสัมพันธ์

c- ลักษณะเฉพาะของ:	A	$\xrightarrow{c}$	B	B เป็นลักษณะเฉพาะที่สำคัญของ A
p – เป็นส่วนหนึ่งของ :	A	$\xrightarrow{p}$	B	B เป็นส่วนหนึ่งของ A
t – เป็นรูปแบบหนึ่งของ :	A	$\xrightarrow{t}$	B	B เป็นรูปแบบหนึ่งของ A
e – เป็นหลักฐานสำหรับ :	A	$\xrightarrow{e}$	B	B เป็นหลักฐานสำหรับ A
a- เป็นความเหมือนของ :	A	$\xrightarrow{a}$	B	B มีความเหมือนกับ A
I – นำไปสู่(สาเหตุ) :	A	$\xrightarrow{i}$	B	A เป็นสาเหตุของ B



ภาพประกอบ 8 แผนผังมโนทัศน์ที่มีรูปแบบการสร้างโดยให้ระบุคำที่ใช้เชื่อม

ที่มา : Ruia-primo; & Shavelson. 1996: 580; citing McClure; & Bell. 1990. Effects and environmental education-related STS approach instruction on cognitive structure of perservice science teacher. p. 9

แคสซิดี กริฟฟิโน; และแนคคอสซี (Cassidy Griffiths; & Nakoechny. 2001: 2)ได้จำแนกแผนผังมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. แผนผังต้นไม้ โดยจะมีการจัดเรียงมโนทัศน์ในรูปแบบที่จัดเป็นหมวดหมู่ โดยเริ่มเขียนมโนทัศน์จากส่วนบนของกระดาษ และเขียนมโนทัศน์ย่อยลงมา
2. แผนผังเว็บ จะไม่มีลักษณะที่เป็นแบบลำดับขั้นตอน มีคำที่ใช้เชื่อมโยงภายในระหว่างกัน
3. แผนผังแบบล้อ ลักษณะของแผนผังจะมีลักษณะจากมโนทัศน์หลักที่อยู่ตรงกลางแล้วจะมีการแผ่ออกไปยังด้านข้าง

จากประเภทของแผนผังมโนทัศน์ที่นักวิชาการหลายท่านได้จำแนกรูปแบบต่างๆ ซึ่งในแต่ละลักษณะและรูปแบบที่แตกต่างกันย่อมสะท้อนความคิดที่เหมือนกัน คือความคิดเชื่อมโยงแบบความคิดรวบยอด ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดของหยินและชเวิลสัน (Yin; Shavelson. 2008: 273-291) ที่ได้มุ่งเน้นลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ แนวคิดของเมอร์ลตันที่มีลักษณะของแผนผังมโนทัศน์ที่ลดหลั่นลงมา และแนวคิดของแม็คคลอยและเบลที่มีการกำหนดคำเชื่อมมาให้แล้วให้มีการเลือกคำเชื่อมมาสร้างแผนผังมโนทัศน์เพื่อพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ในรายวิชาฟิสิกส์

2.3 ประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์

ประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ นอกจากสามารถช่วยออกแบบการแก้ปัญหาในมวลเนื้อหาที่สลับซับซ้อน แล้วแผนผังมโนทัศน์ ยังช่วยในการประเมินผล ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ ตามรายละเอียดที่นักวิชาการได้ให้มุมมองถึงข้อได้เปรียบหรือประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ที่แตกต่างกันออกไปดังต่อไปนี้

แลนซิง (Lanzing. 2000: 1) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้แผนผังมโนทัศน์

1. ใช้ในการสร้าง หรือระดมแนวคิด
2. ใช้ในการออกแบบสิ่งที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่
3. การสื่อสารแนวคิดที่ซับซ้อน
4. การช่วยในการเรียนรู้ด้วยการผสมองค์ความรู้ที่มีอยู่และองค์ความรู้ใหม่เข้า

ด้วยกัน โดยแสดงให้เห็นชัดเจน

5. ช่วยประเมินความเข้าใจที่ถูกต้อง

ในส่วนของนักวิชาการอีกท่านอย่าง พล็อตนิคส์ (Plotnick. 1997: 2) ได้กล่าวถึงข้อได้เปรียบในการใช้แผนผังมโนทัศน์หลายประการคือ

1. ช่วยในการเป็นตัวแทนในการมองเห็นจากสัญลักษณ์ได้เร็วและช่วยจดจำได้เร็วขึ้น
2. การใช้เนื้อหาที่น้อยจะช่วยให้สามารถทำเห็นความสัมพันธ์ของคำ กลุ่มคำ และความคิดทั่วไปได้อย่างไม่ต้องใช้เวลามากนัก
3. ความเป็นตัวแทนที่สามารถมองเห็นได้ จะยอมให้เกิดความเข้าใจแบบองค์รวมที่คำไม่สามารถแยกอยู่โดดเดี่ยวได้

แม็คคลอ โซแนค และซุน (Mcclure; sonak & Suen. 1999: 489) ได้กล่าวถึงประโยชน์และข้อแนะนำในการใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นแบบประเมินในห้องเรียน

ข้อแนะนำในการใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นแบบประเมินในห้องเรียน คือ ข้อเสนอแนะด้านเวลา โดยครูผู้สอนต้องทำหน้าที่ฝึกฝนให้ผู้เรียนได้ฝึกหัดการใช้แผนผังมโนทัศน์ในชั้นเรียน และฝึกฝนจนนักเรียนเกิดความชำนาญในการเขียนแผนผังมโนทัศน์ที่มีความสมบูรณ์ และใช้เวลาสำหรับตรวจให้คะแนนกับผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น ซึ่งข้อแนะนำด้านเวลาดังกล่าว นำไปสู่ผลที่เป็นประโยชน์ต่อการใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นแบบประเมินที่มีคุณภาพและได้กล่าวถึงความสำคัญในการใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นแบบประเมิน ดังต่อไปนี้

1. การใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นแบบประเมินจะช่วยให้ครูผู้สอนจัดระบบขององค์ประกอบซึ่งระบุความถูกต้องและความเข้าใจที่มีความผิดพลาดมากในเนื้อหาของนักเรียน
2. เป็นแนวทางเลือกหนึ่งในการประเมินระดับทักษะของนักเรียนที่แสดงออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้รูปแบบการประเมินที่มีการตรวจแบบอัตโนมัติ ที่ไม่ได้คำนึงถึงระดับคุณภาพของความเที่ยงตรง ในส่วนของความไม่สอดคล้องที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของ

ระดับคะแนนที่เกิดจากผู้ตรวจ ที่มีความสมดุลระหว่างความมุ่งหมาย (objectivity) และความไว (Sensitivity) ในการวินิจฉัยความผิดพลาด

3. มีความไวในการวินิจฉัยความเข้าใจที่ผิดพลาดในนักเรียน
4. มีความไวในการตรวจสอบธรรมชาติของโครงสร้างทางความรู้ในนักเรียน
5. ความไวในการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนที่ไม่ได้รับการพิจารณา

ในส่วนของผู้ตรวจ ริซ (Ruiz primo. 2004: unpagged) ได้กล่าวถึงการใช้แผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยสะท้อนความรู้ของนักเรียนที่สามารถอธิบายในขอบเขตของเนื้อหา เช่นในรายวิชาฟิสิกส์

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยในการประเมินช่วยในการเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มคำ โดยผสมองค์ความรู้ใหม่และองค์ความรู้เดิมที่มีอยู่ ซึ่งเป็นตัวแทนใช้ในการสื่อสารที่สามารถมองเห็นได้ที่เป็นการพัฒนาทางด้านระบบความคิด ซึ่งผู้วิจัยเห็นความสำคัญของการใช้แผนผังมโนทัศน์ อีกทั้งยังช่วยประเมินความเข้าใจที่ถูกต้องในเนื้อหา

2.4 องค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์

องค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ เกิดจากส่วนประกอบย่อยๆ หลายส่วนที่นำมาแสดงรวมกัน เพื่อสื่อความหมายที่เป็นตัวแทนของสาระสำคัญของเนื้อหานั้น อีกทั้งมีส่วนสำคัญในการออกแบบพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

แคสซิดี กริฟฟิธ และแนคโคชชี (Cassidy; Griffiths; & Nakoechny. 2001: 2-3) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่ามีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน

1. มโนทัศน์ (Concept) เป็นการแสดงถึงคำที่บ่งบอกสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้
2. เส้นที่เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (Linking line) เป็นเส้นคำที่ใช้เชื่อมระหว่างมโนทัศน์ที่แตกต่างกันตามเนื้อหา

3. การเรียนรู้ (Learning) เป็นโครงสร้างของคำเชื่อมโยงใหม่ที่สามารถทำงานได้

โนแวก (Novak. 1991: 36-37) ได้จำแนกองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ออกเป็น 4 ส่วน

1. มโนทัศน์ (Concept) เป็นส่วนของคำหรือกลุ่มวลีที่ใช้แทนชื่อของมโนทัศน์
2. ความสัมพันธ์ (Relationships) เป็นการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างคำมโนทัศน์
3. ลำดับชั้น (Hierarchy) เป็นชั้นหรือลำดับความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ชั้นหลัก มโนทัศน์รอง หรือมโนทัศน์ย่อย
4. การเชื่อมโยงข้ามมโนทัศน์ (Cross Links) เป็นการแสดงความเชื่อมโยงข้ามชั้นหรือข้ามมโนทัศน์

จากการศึกษาองค์ประกอบแผนผังมโนทัศน์ มี 2 ส่วนหลัก คือ คำมโนทัศน์ เส้นที่เชื่อมระหว่างมโนทัศน์ใหม่ นอกจากนี้แผนผังมโนทัศน์อาจประกอบด้วยลำดับชั้น การเชื่อมโยงข้ามมโนทัศน์ขึ้นอยู่กับเนื้อหาของมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยต้องการออกแบบ

2.5 เกณฑ์การให้คะแนนของแผนผังมโนทัศน์

เกณฑ์การให้คะแนนของแผนผังมโนทัศน์ เป็นสิ่งสำคัญในการช่วยในการตัดสินใจในการประเมินผล เพื่อเป็นสิ่งที่หนึ่งที่ต้องกำหนดไว้ในเครื่องมือในการวิจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนตามนักวิจัยหลายท่าน ตามรายละเอียดที่จะกล่าวดังนี้

รุช พรโม สซูลท์ และชเวลสัน (Ruiz-Primo; Schultz & Shavelson. 1997: 11) ได้ใช้ระบบการให้คะแนนโดยมุ่งเน้นเกณฑ์การให้คะแนนของแผนผังมโนทัศน์ สามารถแบ่งได้ 3 แบบ คือ แบบ Preposition accuracy score ที่พิจารณาความถูกต้องของคำมโนทัศน์เป็นหลัก แบบ Congruence คือ เกณฑ์การให้คะแนนที่คำนึงถึงสัดส่วนของคำเชื่อมที่นักเรียนสามารถใช้ได้ถูกต้องต่อคะแนนผังเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก่อน (Mandatory score) แบบ Saliency คือ สัดส่วนของคำเชื่อมที่ถูกต้องต่อคำเชื่อมที่นักเรียนสร้างขึ้นใหม่ทั้งหมดเป็นเกณฑ์ ซึ่งรายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน ดังแสดงในตาราง 1 ดังนี้

ตาราง 1 การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ตามแนวคิดของรุช พรโม

ระดับคะแนน	คุณภาพของคำเชื่อม	ความหมาย
4	ดีเลิศ (excellent)	ใช้คำเชื่อมที่สำคัญ มีความถูกต้องสมบูรณ์ แสดงให้เห็นความเข้าใจที่ลึกเป็นอย่างดีระหว่าง 2 มโนทัศน์
3	ดี (good)	ใช้คำเชื่อมที่สมบูรณ์ถูกต้อง แสดงให้เห็นความเข้าใจอย่างดีระหว่างมโนทัศน์สองคำ
2	แย่ (poor)	ไม่มีความสมบูรณ์ แต่มีความถูกต้อง แสดงให้เห็นความเข้าใจบางส่วนของสองมโนทัศน์
1	ไม่สนใจ (Don't care)	มีความถูกต้อง แต่ไม่แสดงถึงความเข้าใจของระหว่างสองสิ่ง
0	ไม่มีความถูกต้อง(Invalid)	คำเชื่อมที่ใช้ไม่มีความถูกต้อง

ที่มา: Ruiz-primo, M.A.; Schultz, S.E.; Li,M.; & Shavelson, R.J. (1997, August).

Concept Map Based Assessment in Science: Two exploratory Studies. p 14.

ในด้านความเที่ยงตรงของแผนผังมโนทัศน์ มีการประเมินตามระดับ แบ่งเป็น 5 ระดับ จาก 0 ถึง 4 มีการตรวจการให้คะแนนที่เป็น 3 รูปแบบ

1. คะแนนรวมจากคำที่ใช้เชื่อมของคะแนนความเที่ยงตรง
2. สัดส่วนของคำที่ใช้เชื่อมที่ถูกต้องในแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนของความเป็นไปได้ทั้งหมดของคำที่ใช้เชื่อมเป็นรายคู่ในแผนผังมโนทัศน์ที่เป็นเกณฑ์ (congruence score)
3. สัดส่วนของคะแนนของคำที่ใช้เชื่อมได้อย่างถูกต้องที่เทียบกับคำเชื่อมทั้งหมดภายในแผนผังที่นักเรียนใช้ทั้งหมด (salience)

หยิน และชเวลสัน (Yin; & Shavelson. 2008: 281) มีระบบการให้คะแนนของแผนผังมโนทัศน์ที่เป็นแบบแผนผังมโนทัศน์โดยมุ่งความเกี่ยวข้องของเนื้อหาที่ใช้ในการเชื่อมระหว่างกลุ่มคำ หรือคำเชื่อมที่จำเป็น (mandatory preposition) ที่มีระดับการให้คะแนนแบบ 4 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0-3 คะแนน ตามระบบความชัดเจนและความเหมาะสมของคำเชื่อมระหว่างกลุ่มคำ

- 0 หมายถึง ไม่มีคำเชื่อมหรือคำเชื่อมนั้นผิด ไม่เกี่ยวข้องในแง่ทางวิทยาศาสตร์
- 1 หมายถึง คำที่ใช้เชื่อมนั้นมีความไม่ถูกต้องเพียงบางส่วน
- 2 หมายถึง คำที่ใช้เชื่อมมีความถูกต้อง แต่มีความเกี่ยวข้องของคำเชื่อมในทางวิทยาศาสตร์ที่เบา
- 3 หมายถึง คำเชื่อมมีความถูกต้องและคำที่ใช้เชื่อมมีตำแหน่งที่เหมาะสมในแง่วิทยาศาสตร์

โนแวก และโกวิน (Novak; & Govin. 1984: 36) ได้กำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนสำหรับแผนผังมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. คำเชื่อม (preposition) ที่ใช้เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มโนทัศน์ ที่ถูกระบุโดยเล่นที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ มีความหมายและความสัมพันธ์ที่ตรงกันหรือไม่ ถ้ามีความหมายที่ตรงและมีความสัมพันธ์ตรงกันข้อความที่แสดงได้ 1 คะแนน
2. การเรียงอันดับขั้นตอน (hierarchy) แผนผังมโนทัศน์มีการจัดเรียงอันดับหรือไม่ มโนทัศน์ที่อยู่รองมีความเฉพาะเจาะจง หรือมีมโนทัศน์ที่กว้างที่น้อยกว่ามโนทัศน์ที่อยู่เหนือหรือไม่ ถ้าเป็นไปตามลักษณะดังกล่าว ของทุกระดับที่มีความสัมพันธ์กันจะได้ 5 คะแนน
3. เส้นที่ใช้เชื่อมระหว่างมโนทัศน์ (cross link) เส้นมโนทัศน์ที่เชื่อมโยงต่อกันเชื่อมโยงอย่างมีความหมายหรือไม่ ระหว่างส่วนของมโนทัศน์ตามสายอันดับในแต่ละส่วน หรือส่วนอันดับของสายมโนทัศน์สายอื่นหรือไม่ ถ้ามีการเชื่อมโยงที่สมเหตุสมผลและมีความสัมพันธ์ที่ตรงกัน และมีค่านัยสำคัญทางสถิติ จะได้ คะแนน 10 คะแนน และให้ 2 คะแนนสำหรับการเชื่อมที่สมเหตุสมผลแต่ไม่สะท้อนถึงการสังเคราะห์ระหว่างชุดของมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง เส้นที่เชื่อมโยงระหว่างสายมโนทัศน์สามารถชี้ให้เห็นความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ การระบุ และการให้คะแนนสำหรับความคิดสร้างสรรค์ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ เส้นที่เชื่อมที่สะท้อนด้วยความคิดสร้างสรรค์ควรได้รับคะแนนในส่วนพิเศษ
4. ตัวอย่าง (example) เหตุการณ์เฉพาะหรือวัตถุที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นเป็นการระบุถึงมโนทัศน์นั้นควรจะได้ 1 คะแนน แต่ไม่ควรจะกวาน

วียะดา ระวังสุข (2545: 47) มีการใช้การตรวจให้คะแนน ที่ประกอบด้วย การตรวจความถูกต้องของคำที่ใช้เชื่อม (preposition accuracy) ซึ่งเป็นคะแนนรวมของการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ที่นักเรียนทำได้ การตรวจสอบสัดส่วนของคะแนนรวมในการเชื่อมคำมโนทัศน์ที่ถูกต้องที่นักเรียนทำได้เทียบกับจำนวนคำเชื่อมระหว่างคำทั้งหมดในแผนผังมโนทัศน์เกณฑ์ convergence การตรวจที่คำนึงถึงสัดส่วนของคะแนนรวมทั้งหมดที่นักเรียนสามารถทำได้ถูกต้องเทียบกับจำนวนของคำที่ใช้เชื่อมระหว่างมโนทัศน์ทั้งหมดในแผนผังมโนทัศน์เกณฑ์

จากการศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนจากงานวิจัยต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือเกณฑ์ที่มีลักษณะในการคะแนนตามระดับความเหมาะสมถูกต้องในตำแหน่งย่อยๆ กับเกณฑ์การตรวจให้คะแนนของผังมโนทัศน์ที่มีลักษณะในภาพรวมที่สามารถแสดงถึงคุณภาพของผังมโนทัศน์

3. สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3.1 ธรรมชาติและลักษณะเฉพาะวิทยาศาสตร์

ฟิสิกส์เป็นแขนงวิชาวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาหากฎเกณฑ์ (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554ก 3) ความรู้วิทยาศาสตร์ได้มาด้วยความพยายามของมนุษย์ ที่ใช้กระบวนการสืบเสาะค้นหาความรู้ (Scientific Inquiry) การสังเกต สืบสวน ตรวจสอบ ศึกษา ค้นคว้าอย่างเป็นระบบและการสืบค้นข้อมูลทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ตลอดเวลา ความรู้และกระบวนการดังกล่าวถ่ายทอดมาเป็นเวลานาน (กรมวิชาการ. 2545: 1)

3.2 การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554ข: 3, 18) ได้กล่าวถึงข้อแนะนำของการจัดการเรียนการสอนที่มีการระบุถึงจุดประสงค์ของการสอนวิชาฟิสิกส์ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จุดประสงค์ของการสอนวิชาฟิสิกส์ หรือจุดประสงค์เฉพาะของกลุ่มวิชาฟิสิกส์ ประกอบด้วยจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้เข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ หลักการทฤษฎี กฎที่เป็นพื้นฐานวิชาฟิสิกส์
2. เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์จริงกับคำอธิบายทางทฤษฎี
3. เพื่อให้เข้าใจและยอมรับในขอบเขตของข้อมูลที่ได้อ่านขึ้นกับขีดความสามารถของเครื่องมือในการวัด
4. เพื่อให้เกิดทักษะในการศึกษาค้นคว้าและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5. เพื่อให้สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการนำหลักการทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ในด้านต่างๆ ทั้งเชิงความคิดและเชิงปฏิบัติ

6. เพื่อให้มีความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องราววิทยาศาสตร์

7. เพื่อให้มีความใจกว้าง คิดและปฏิบัติอย่างมีเหตุผล

8. เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลดีผลเสียต่อสังคมในการนำความรู้ทางฟิสิกส์และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ

9. เพื่อให้เกิดความตระหนักในอิทธิพลของสังคมที่มีต่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จุดประสงค์การเรียนรู้เป็นจุดประสงค์ที่มีการแทรกในเนื้อหาในภาพรวมของบท ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาในเรื่องงานและพลังงาน ดังนั้นจุดประสงค์การเรียนรู้ในที่นี้จึงขอกว่าในส่วนเรื่องงานและพลังงาน ที่ประกอบด้วยจุดประสงค์การเรียนรู้ดังต่อไปนี้

เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความแตกต่างระหว่างงานในชีวิตประจำวันและงานในวิชาฟิสิกส์
2. หางานของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนของวัตถุเมื่อแรงอยู่แนวเดียวกันกับแนวการเคลื่อนที่ และแนวทำมุมกับการเคลื่อนที่
3. หางานจากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับการกระจัด
4. อธิบายพลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ และหาพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุและพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง
5. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์
6. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานศักย์
7. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก
8. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกลและนำกฎอนุรักษ์พลังงานกลไปใช้ประโยชน์
9. อธิบายกำลัง และความสัมพันธ์ระหว่างงานและกำลัง
10. อธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากหลักการของงานและพลังงาน
11. อธิบายความสำคัญและความจำเป็นในการใช้พลังงานอย่างประหยัด

3.3 ผลการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์

ผลการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์เป็นเป้าหมายที่สำคัญในการประเมินผล โดยผู้วิจัยได้ศึกษาผลการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ 2 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งถือว่าเป็นรายวิชาเพิ่มเติม ทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554: 9-12)

ผลการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. อธิบายงานและวิเคราะห์งานของแรงต่างๆ
2. อธิบายพลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์และความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน
3. อธิบายและใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล วิเคราะห์การเคลื่อนที่ในสถานการณ์ต่างๆ
4. อธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย
5. อธิบายโมเมนต์และหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงและโมเมนต์ที่เปลี่ยนไป
6. อธิบายการชนของวัตถุ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมและวิเคราะห์การชนของวัตถุ
7. อธิบายการเคลื่อนที่แบบหมุนและความสัมพันธ์ของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหมุน
8. อธิบายทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อย และความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย
9. อธิบายโมเมนต์เชิงมุมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม
10. อธิบายพลังงานจลน์ของการหมุนของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน
11. อธิบายสภาพสมดุลของวัตถุและวิเคราะห์สภาพสมดุลตามเงื่อนไขของการสมดุล
12. อธิบายผลของแรงคู่ควบ โมเมนต์ของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ
13. อธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุและผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุมีความเกี่ยวข้องกับศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางของวัตถุ
14. อธิบายการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย
15. อธิบายสภาพยืดหยุ่นของของแข็งและมอดูลัสของยัง

3.4 สารการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2

สารการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุและการกระทำอยู่ในแนวเดียวกันกับเกิดงานของแรงนั้น งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาจากผลคูณของแรงกับการกระทำในแนวของแรง และอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับการกระทำ

2. พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน พลังงานจลน์เป็นพลังงานที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ พลังงานศักย์เป็นพลังงานของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างอันเป็นผลเนื่องมาจากแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น เช่น พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น งานพลังงานมีความสัมพันธ์กัน โดยงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงาน

3. พลังงานต่างๆ ของวัตถุไม่สูญหายแต่อาจเปลี่ยนจากพลังงานหนึ่งเป็นพลังงานหนึ่ง ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล สามารถใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ต่างๆ เช่น การเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบตั้ง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ติดสปริง การเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก เป็นต้น

4. เครื่องกลอย่างง่ายได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ล้อกับเฟลา ลิ่มและสกรู การทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายใช้หลักการของงาน

5. วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัม เมื่อมีแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์เท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ

6. ในการชนของวัตถุหรือการระเบิด โมเมนตัมของระบบมีค่าคงตัว ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ส่วนพลังงานจลน์ของระบบอาจคงตัวหรือไม่คงตัวก็ได้ การชนที่พลังงานจลน์ของระบบมีค่าคงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่น

7 การเคลื่อนที่แบบหมุนเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุรอบแกนหมุน ปริมาณที่เกี่ยวข้องได้แก่ การกระทำเชิงมุม ความเร็วเชิงมุม ความเร่งเชิงมุมซึ่งมีความสัมพันธ์กับรูปแบบเดียวกันกับการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่

8. เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้เกิดทอร์กจะเกิดการเปลี่ยนสภาพจากการหมุน และปริมาณที่บอกถึงความสามารถในการต้านการเปลี่ยนสภาพจากการหมุนของวัตถุเรียกว่าโมเมนต์ความเฉื่อย ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย ใช้อธิบายการเคลื่อนที่แบบหมุน

9. วัตถุที่หมุนจะมีโมเมนตัมเชิงมุม เมื่อมีทอร์กมากระทำต่อวัตถุจะทำให้โมเมนตัมเชิงมุมเปลี่ยนไป โดยทอร์กเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุมของวัตถุและถ้าทอร์กลัพธ์เท่ากับศูนย์ โมเมนตัมเชิงมุมของวัตถุมีค่าคงตัว

10. วัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุนจะมีพลังงานจลน์ของการหมุนซึ่งขึ้นอยู่กับโมเมนต์ความเฉื่อยและความเร็วเชิงมุม และวัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่และแบบหมุน เช่นการกลิ้ง จะมีทั้งพลังงานจลน์ของการเลื่อนที่และพลังงานจลน์ของการหมุน

11. สมดุลเป็นสภาพที่วัตถุสามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิม คือหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว วัตถุจะสมดุลต่อการเคลื่อนที่ คือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว และวัตถุจะสมดุลต่อการหมุน คือไม่หมุน หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว เมื่อทอร์กลัพธ์หรือผลบวกของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์

12. เมื่อมีแรงคู่ความมากระทำต่อวัตถุแรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่ แต่โมเมนต์ของแรงคู่ควบไม่เท่ากับศูนย์ ทำให้วัตถุหมุนในทิศทางเดียวกัน วัตถุจึงไม่สมดุลต่อการหมุน

13. เมื่อออกแรงในแนวระดับกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นลื่น แล้ววัตถุเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุนแนวแรงนั้นจะผ่านศูนย์กลางมวล และในกรณีที่วัตถุอยู่ในสนามโน้มถ่วงเดียวกัน ศูนย์กลางมวลและศูนย์ถ่วงอยู่ในแนวเดียวกัน

14. หลักของสมดุลสามารถประยุกต์ใช้กับเครื่องกลอย่างง่าย เช่น คาน รอก ล้อกับเฟลา และนำไปใช้ประกอบการพิจารณาการได้เปรียบเชิงกล

15. วัตถุที่เปลี่ยนรูปร่างและกลับสู่รูปร่างเดิมเมื่อหยุดออกแรงกระทำ เรียกสมบัตินี้ว่าสภาพยืดหยุ่น ถ้าออกแรงต่อไปวัตถุจะขาดหรือเสียรูปร่างอย่างถาวร วัสดุชนิดที่เป็นเส้น เช่น ลวด มีค่าอัตราส่วนระหว่างความเค้นตามยาวกับความเครียดตามยาวคงตัว เรียกว่า มอดุลัสของยัง สมบัตินี้นำไปใช้พิจารณาเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการใช้งาน

จากผลการเรียนและสาระการเรียนรู้ทั้งหมดในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2 ผู้วิจัยได้ศึกษาโดยใช้ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับงานและพลังงานดังตาราง 2 ดังนี้

ตาราง 2 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2 (กลศาสตร์ 2)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
1. อธิบายงานและวิเคราะห์งานของแรงต่าง ๆ	1. เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุและการกระทำอยู่ในแนวเดียวกันกับเกิดงานของแรงนั้น งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาจากผลคูณของแรงกับการกระทำในแนวของแรง และอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับการกระทำ
2. อธิบายพลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์และความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน	2. พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน พลังงานจลน์เป็นพลังงานที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ พลังงานศักย์เป็นพลังงานของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างอันเป็นผลเนื่องมาจากแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น เช่น พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น งานพลังงานมีความสัมพันธ์กันโดยงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 หน้า 9.

4. ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalization Theory)

4.1 ความเป็นมาของ G – theory

นักทฤษฎีทางการศึกษาหลายท่านพยายามศึกษาเพื่อจำแนกแหล่งของความคลาดเคลื่อน ที่ได้จากการวัดโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ซึ่งเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการประมาณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบ และจากความคลาดเคลื่อนในการวัดที่มีมานานแล้วในแวดวงวิชาการนักวัดผล วิธีที่รู้จักเป็นอันดีได้แก่วิธีวิเคราะห์ของฮอยท์ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550: 11; อ้างอิงจาก Hoyt. 1941) นอกจากนี้ยังมีท่านอื่นที่เสนอวิธีการที่คล้ายๆ กัน เช่น ลินควินส์ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550: 11; อ้างอิงจาก Lindquist. 1953) เมตเลย์ และ มิทเชล (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550: 11; อ้างอิงจาก Midley; & Mitzel. 1963) เป็นต้น ในเวลาต่อมาครอนบาค กลีเซอร์ และราชาทินัม (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550: 11; อ้างอิงจาก Cronbach; Gleser; & Rajaratnam. 1963) ได้เสนอแนวคิดทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด หรือ G- Theory ขึ้นเป็นครั้งแรกเพื่อประมาณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทั่วไปของแบบสอบถามในสถานการณ์แบบทดสอบหรือเงื่อนไขในการวัดในแบบต่างๆ และมีการพัฒนาทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดในรูปแบบโมเดล และการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ทดสอบที่ชัดเจนขึ้น

4.2 แนวคิดสำคัญและข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการสรุปอ้างอิงของความน่าเชื่อถือของผลการวัด

ครอนบาค และคนอื่นๆ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550: 11 ; อ้างอิงจาก Cronbach; et al. 1972) ได้เสนอทฤษฎีสำหรับวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัดพฤติกรรม (The Dependability of Behavioral Measurements) สำหรับสถานการณ์ของการวัดผลต่างๆ ซึ่งต่อมาเป็นที่รู้จักกันในชื่อของทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) หรือ G – Theory ทฤษฎีนี้ได้ขยายแนวคิดของความเชื่อมั่น (Reliability) ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ให้สามารถสรุปผลความเชื่อมั่น (Reliability) ในสถานการณ์หรือเงื่อนไขการทดสอบลักษณะต่างๆ ได้

ศิริชัย กาญจนวาสี (2550: 12–13) ได้กล่าวว่าทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมมีความเชื่อพื้นฐานว่า ความผันแปรของคะแนนที่สังเกตได้ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ความผันแปรของคะแนนจริง (σ^2_T) ซึ่งเป็นความแตกต่างที่แท้จริงระหว่างบุคคล และความผันแปรของคะแนนความคลาดเคลื่อน (σ^2_E) ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนรวมทุกแหล่งที่ไม่สามารถระบุหรือแบ่งแยกได้ (Single Error Source)

นอกจากนี้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม มิให้สนใจต่อสถานการณ์หรือเงื่อนไขการวัด ในขณะที่ G – Theory ได้ให้แนวคิดในการแยกส่วนของความคลาดเคลื่อน (Error) จากหลายแหล่ง (Multiple error sources) ประกอบด้วยแหล่งความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (Systematic source) และความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random source) มิใช่เป็นความคลาดเคลื่อนรวมเพียงแหล่งเดียวเหมือนอย่างทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ดังนี้

$$\sigma^2_x = \sigma^2_T + \sigma^2_E$$

σ^2_s
 systematic
variance error

σ^2_e
 random
error variance

ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงจะช่วยให้การประเมินคุณค่าในส่วนของปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบของวิธีการแบบเก่าที่ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมไม่สามารถดำเนินการได้

การศึกษาความน่าเชื่อถือของผลการวัดตามแนว G- theory อยู่ในข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

1. คุณลักษณะที่มุ่งวัดของบุคคลไม่ว่าจะเป็นความรู้ ทักษะ ทักษะ หรือคุณลักษณะอื่นๆ ที่เป็นเป้าหมายของผลการวัด เป็นค่าที่อยู่ในสภาวะคงที่

2. ผู้สอบคนเดียวกันได้คะแนนต่างกันหรือมีเงื่อนไขในการวัดจากการวัดในแต่ละสถานการณ์ เนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของระบบอย่างน้อย 1 แหล่ง โดยองค์ประกอบด้านวุฒิ

ภาวะ (Maturation) และการเรียนรู้ (learning) ระหว่างการวัดไม่เป็นแหล่งของความคลาดเคลื่อนของคะแนนที่ได้จากการวัด

3. เมื่อพิจารณาผู้สอบทั้งกลุ่ม ความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ ประกอบด้วย ความแปรปรวนของคะแนนจริง ซึ่งเป็นความแตกต่างที่แท้จริงระหว่างบุคคล ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบอย่างน้อย 1 แหล่งความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ตามแนวความคิดของ G-theory คะแนนที่ได้จากการวัดภายใต้สถานการณ์หรือเงื่อนไขเดียวกันด้วยแบบสอบชุดเดียว และการทำข้อสอบครั้งเดียว คะแนนที่ได้จะไม่สามารถเชื่อถือได้อย่างเต็มที่ เพราะคะแนนที่ได้จะไม่เป็นตัวแทนคะแนนจริง ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบในหลายๆ สถานการณ์ ด้วยแบบสอบหลายๆ ชุด และทำข้อสอบหลายๆ ครั้ง

4.3 การศึกษา G (G – Study) และ D (D – Study)

ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดทางการทดสอบ ประกอบด้วยขั้นตอนของการศึกษาที่สำคัญ 2 ขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาเชิงสรุปอ้างอิงหรือการศึกษา G (Generalizability Study or G - Study) กับการศึกษาเชิงตัดสินใจหรือการศึกษา D (Decision Study or D – Study) (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550: 17)

1. การศึกษา G (G – Study) เป็นการสรุปอ้างอิงผลจากการศึกษาตัวอย่างการวัดตามเงื่อนไขที่สนใจ บรรยายความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนจากแหล่งความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ เพื่อสรุปอ้างอิงไปยังเอกภพของการวัด ซึ่งในการศึกษา G –study จะเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนที่สอดคล้องกับการออกแบบฟาเซทในกรณีต่างๆ

กรณีหนึ่งฟาเซท ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two – way ANOVA) ในการประมาณค่าความแปรปรวน เช่น กรณีของ $p \times r$ ที่ผู้สัมภาษณ์ (r) สัมภาษณ์ผู้สอบสัมภาษณ์ (p)

กรณีสองฟาเซท ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนสามทาง (Three – way ANOVA) ในการประมาณค่าความแปรปรวน เช่น กรณีของ $p \times i \times o$ ที่มีการสุ่มนักเรียน 10 คนให้ทำข้อสอบ 4 ข้อ และทำซ้ำ 2 ครั้งซึ่งในการศึกษาดังกล่าว ต้องการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ไปยังคะแนนจริงในสถานการณ์ในการวัด 2 เงื่อนไข ได้แก่ จำนวนของหรือรายการที่สังเกต (i) กับจำนวนครั้งในการสอบ (o)

2. การศึกษา D (D – Study) เป็นการใช้ข้อมูลจากการศึกษา G (G – Study) ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์เฉพาะของการตัดสินใจเลือกใช้แบบสอบในสถานการณ์ต่าง ๆ ของการวัด

จุดประสงค์ของการศึกษา G ต้องการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนจริงและความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจากแหล่งของความคลาดเคลื่อนต่างๆ ที่สนใจ และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนเพื่อการตัดสินใจในการศึกษา D เกี่ยวกับความเชื่อมั่นของแบบสอบในสถานการณ์ของการวัดต่างๆ โดยกำหนดสถานการณ์ หรือเงื่อนไขในการวัด แล้วคำนวณหาค่า

ความเชื่อมั่น เปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่น และตัดสินใจเลือกสถานการณ์หรือเงื่อนไขในการวัดที่เหมาะสม

การเลือกใช้ข้อมูลในการวิจัยในการศึกษาเรื่องใดหากต้องการสรุปผลที่ได้ไปยังผลจากการศึกษาภายในสถานการณ์นั้นโดยตรงใช้การศึกษาแบบ G (G – Study) หากต้องการเปรียบเทียบภาวะสถานการณ์อื่นๆ ร่วมด้วย ควรใช้การศึกษา D (D – Study)

4.4 ผลการศึกษากฎการออกแบบการวัดของแนวคิดของครอนบาค ชเวลสัน

และเบรนนัน

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษากฎการออกแบบการวัดแบบสองฟาเซท โดยศึกษาจากงานเอกสารที่เรียบเรียงโดยผ่านผู้เชี่ยวชาญทางด้านทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด จำนวน 3 ท่าน คือ ครอนบาคและคณะ (Cronbach. et al. 1972: 34 - 40) ชเวลสันและเว็บบ (Shavelson; & Wabb. 1991: 46-61, 96-97) และเบรนนัน (Brennan. 2001: 54-59) โดยสามารถสรุปประเด็นในกฎการออกแบบการวัดแบบสองฟาเซท ตามรายละเอียดที่ได้นำเสนอต่อไปนี้

4.4.1. แนวคิดของครอนบาค และคณะ (Cronbach. et al. 1972: 34 - 40) ได้ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด G-theory โดยกำหนดให้มีลักษณะการออกแบบของแบบแผนการวิจัยที่สอดคล้องกับกับเอกภพที่สามารถสรุปอ้างอิงไปได้ โดยเน้นเอกภพของคะแนนแต่ละแบบเป็นเอกภพคะแนนจริง (universe score) ซึ่งรายละเอียดของแบบแผนในการศึกษาสองฟาเซทนั้น ครอนบาคได้แบ่งลักษณะการออกแบบการในการวิเคราะห์ข้อมูลในสองขั้นตอน คือในขั้นตอนของการศึกษาการสรุปอ้างอิง และการศึกษาเพื่อการตัดสินใจ ซึ่งลักษณะการออกแบบสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

1) กรณีการออกแบบไขว้ ครอนบาคและคณะ (Cronbach. et al. 1972: 38) ได้ทำการแบ่งแหล่งของความแปรปรวนที่เกิดจากการออกแบบการวัดกรณีสองฟาเซทออกเป็น 7 แหล่ง ความแปรปรวน ที่สอดคล้องกับชเวลสัน $p \times i \times j$ ตัวอย่างเช่น กรณีที่มีการศึกษาแบบไขว้ ผู้ป่วยจำนวน 30คน มีการทดสอบด้วย 10 แบบทดสอบ ที่มีผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน นอกจากนี้ ครอนบาค; และคณะ (Cronbach et al. 1972: 22) ได้กล่าวถึงจำนวนครั้งในการวัด (occasions) ที่เป็นฟาเซทที่ใช้ในงานวิจัยในการวัดพฤติกรรมความก้าวร้าวในเชิงจิตวิทยาที่มีการแยกแหล่งของความแปรปรวนออกมาเป็นอีกแหล่ง เนื่องจากทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมไม่สนใจช่วงระยะห่างของระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบซ้ำที่ถือว่ามีความคงที่ในทุกการวัด ซึ่งเป็นผลมาจากการวัดความคงที่ของระยะเวลามากกว่าความแม่นยำ และได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการสุ่มจำนวนครั้งในการวัดซ้ำจากช่วงระยะเวลาทั้งหมด และในเวลาต่อมา ครอนบาค ลิน เบอร์นาค และเฮร์เทล (Cronbach; Linn; Brennan; & Heartel. 1997: 382-384) ได้ร่วมกันศึกษาแหล่งของความแปรปรวนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ที่มีจำนวนครั้งในการวัด (Occasions)

ซึ่งเป็นพาเซทหนึ่งในการพิจารณาในการวิเคราะห์ สำหรับการประเมินด้านสมรรถนะของผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหรือประสิทธิภาพของโรงเรียน ที่มีการออกแบบพาเซทเป็นแบบไขว้ ที่กำหนดให้นักเรียนทุกคน (pupil) ได้รับรูปแบบที่ใช้ประเมินทุกรูปแบบ (task) ที่มีการประเมินโดยผู้ตัดสินทุกคน (judge) ภายในจำนวนครั้งในการวัดทุกชุด หรือสามารถเขียนในรูปแบบการออกแบบพาเซทขององค์ประกอบแบบไขว้ได้ $p \times t \times j \times o \times o'$ ซึ่งใช้จำนวนครั้งในการวัด (o) สำหรับใช้เสนอรูปแบบที่ประเมินไปยังนักเรียน และการพิจารณาจำนวนครั้งในการวัดอีกรอบสำหรับผู้ตัดสิน ที่จะให้คะแนนที่ตอบสนองออกมา ซึ่งจำนวนครั้งในการวัดจะพิจารณาเป็นอิทธิพลร่วมในวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ทราบสารสนเทศของงานที่มุ่งวัดพฤติกรรม ซึ่งแนวทางการศึกษาของจำนวนครั้งในการวัดยังคงมีบทบาทสำคัญมาโดยตลอด นอกจากนี้ยังปรากฏในหนังสือของชเวลสันและเว็บ (Shavelson; & Webb. 1991: 3) ที่ได้กล่าวถึงจำนวนครั้งในการวัด คือหากผู้ตัดสินใจมีความพยายามที่จะสรุปอ้างอิงจากสมรรถนะที่มุ่งวัดได้ในโอกาสที่ถูกสังเกตในครั้งหนึ่งไป ถึง โอกาสในการสังเกตอีกครั้งหนึ่ง โอกาสหรือจำนวนครั้งในการวัดซ้ำเป็นเงื่อนไขที่ใช้ในการตัดสินใจด้วย ไม่เพียงเท่านั้น จำนวนครั้งในการวัดยังคงถูกแนะนำให้เป็นเงื่อนไขที่ใช้ศึกษาในทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด เห็นได้จากงานวิจัยของชเวลสัน รูซพรีโม และวิลเลย์ (Shavelson; Ruiz-Primo; & Willey. 1999 Spring: 62) ที่ได้ร่วมกันศึกษากรณีการวิเคราะห์ออกแบบไขว้ที่มีพาเซทของจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน จำนวนชิ้นงาน และนักเรียนเพียงลำพัง โดยไม่ได้กล่าวถึงผลของจำนวนครั้งในการวัด ซึ่งต่อมาครอนบาคและคณะ (Shavelson; Ruiz-Primo; & Willey. 1999 Spring: 62; citing Cronbach et.al. 1997) ได้เสนอข้อชี้แนะที่น่าสนใจ ถึงแหล่งความแปรปรวนที่เกิดจากการประเมินในชิ้นงานนั้น มีส่วนที่เกิดจากผลรวมที่ของโอกาสในการวัดซ้ำในการฝึกปฏิบัติ เพราะว่าการประเมินนักเรียนโดยทั่วไป จะมีการประเมินเพียงครั้งเดียว ซึ่งไม่เพียงพอในการประเมิน จากการที่ชเวลสัน รูซพรีโม และวิลเลย์ (Shavelson; Ruiz-Primo; & Willey. 1999 Spring: 62) พยายามจะแยกแหล่งของความแปรปรวนของชิ้นงาน โดยอาศัยจำนวนชิ้นงานเป็นหลัก ภายหลังจากการวิพากษ์ของครอนบาค เบรนเนน และเฮลเทล (Shavelson; Ruiz-Primo; & Willey. 1999 Spring: 62; citing Cronbach; Brennan; & Haertel. 1997) ความแปรปรวนที่เกิดจากลักษณะของงาน(task) กับโอกาสในการวัดออกจากกัน จากกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้หนึ่งพาเซท (person x occasions)(ซึ่งแหล่งของความแปรปรวนที่เกิดจากผลรวมที่เกิดจากโอกาสในการวัดเป็นแหล่งของความแปรปรวนที่ใหญ่ ที่ส่งผลต่อคะแนน) ชเวลสันได้ศึกษาโดยพยายามลดจำนวนชิ้นงาน โอกาสในการวัดเพียงครั้งเดียวไม่สามารถระบุผลปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชิ้นงานกับจำนวนครั้งในการวัด การให้งานต่อนักเรียนเพียงชิ้นเดียว ซึ่งครอนบาคได้เสนอวิธีการวัดผลโดยการเพิ่มจำนวนชิ้นงานของชเวลสันที่กระทำได้ด้วยวิธีของCross design ที่มีแหล่งของความแปรปรวนถึง 7 แหล่ง (pupill x task x judge) แต่อย่างไรก็ตามพาเซทที่ศึกษาทั้งหมดล้วนเป็นผลมาจากอารมณ์ความรู้สึก (temporal effect) ครอนบาค และคณะ (Shavelson; Ruiz-Primo; & Willey. 1999 Spring: 62; citing Cronbach et al. 1997) จึงเสนอแนวทางการแก้ไขโดยเน้นจำนวนครั้งในการวัด occasions ซึ่งวิธีการวัดเพียงครั้งเดียว สามารถเกิดกรณีที่นักเรียนคนนั้น

อาจได้ทำคะแนนผลดีเกินคาดจากการประเมินมากกว่าสภาพความรู้จริง (virtue) หรือทำคะแนนได้ไม่ดี เนื่องจากสภาพการเจ็บป่วย ซึ่งในแหล่งของความแปรปรวนโดยทั่วไป โอกาสในการวัดซ้ำรวมอยู่ด้วย ซึ่งความสำคัญของจำนวนครั้งในการวัดได้มีการนำไปใช้ในงานวิจัยดังปรากฏในงานของ ครอนบาค และคณะ (Cronbach et al. 1997: 382-384) ได้ร่วมกันศึกษาแหล่งของความแปรปรวนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ที่มีจำนวนครั้งในการวัด (Occasions) ซึ่งเป็นพาเซทหนึ่งในการพิจารณาในการวิเคราะห์ สำหรับการประเมินด้านสมรรถนะของผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหรือประสิทธิภาพของโรงเรียน ที่มีการออกแบบพาเซทเป็นแบบไขว้ ที่กำหนดให้นักเรียนทุกคน (pupil) ได้รับรูปแบบที่ใช้ประเมินทุกรูปแบบ (task) ที่มีการประเมินโดยผู้ตัดสินทุกคน (judge) ภายในจำนวนครั้งในการวัดทุกชุด หรือสามารถเขียนในรูปแบบการออกแบบพาเซทขององค์ประกอบแบบไขว้ได้ $p \times t \times j \times o \times o'$ ซึ่ง ใช้จำนวนครั้งในการวัดซ้ำ (o) สำหรับใช้เสนอรูปแบบที่ประเมินไปยังนักเรียน และการพิจารณาในการวัดซ้ำอีกรอบสำหรับผู้ตัดสิน ที่จะให้คะแนนที่ตอบสนองออกมา ซึ่งจำนวนครั้งในการวัดจะพิจารณาเป็นอิทธิพลร่วมในการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สารสนเทศของงานที่มุ่งวัดพฤติกรรม

2) กรณีการออกแบบแบ่งบางส่วน (Partially Nested design) ในขั้นตอนการศึกษา G study ประกอบด้วย กรณีการออกแบบ $i \times (j:p)$ หรือ กรณีการออกแบบ $j \times (i:p)$ ตัวอย่าง พอร์ท Porch (Cronbach. et al.1972 : 177; citing; Porch. 1966,1970) ได้ศึกษาผู้ป่วยที่มีความพิการทางสมอง (Aphasic) ที่มีการทดสอบผู้ป่วย (p) จำนวน 40 คน ในโอกาสที่แตกต่างกัน (o) 2 โอกาส $i \times (o:p)$ ซึ่งข้อคำถาม จำนวน 9 ข้อ ที่ใช้ชุดเครื่องมือที่ใช้ทดสอบซ้ำ ของพอร์ท (The Porch Index of Communicative Ability: PICA) ชุดที่ 3 ที่เกี่ยวกับลักษณะท่าทางของการแสดงออก (gesture) เพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงด้านคุณภาพความเชื่อมั่นของเครื่องมือจากการทดสอบซ้ำ

2.1) กรณีการออกแบบ $(i:j) \times p$ หรือ กรณีการออกแบบ $(j:i) \times p$ เช่น กรณีการออกแบบ $j:(i \times p)$ โดยที่กำหนดให้ j คือโอกาสในการตรวจของผู้ตรวจเป็นรายบุคคลมีแหล่งของความแปรปรวนด้วยกัน 5 องค์ประกอบ และมีองค์ประกอบที่เรียกว่า confounding component อยู่ด้วยกัน คือ องค์ประกอบที่ j แฝงร่วมอยู่ในปฏิสัมพันธ์ ij ในพื้นที่ของวงกลมในส่วน i เช่นเดียวกันกับ องค์ประกอบของ i ที่แฝงร่วมอยู่ในองค์ประกอบของ p_i องค์ประกอบของ p_i ที่แฝงในองค์ประกอบ p_{ij}

2.2) กรณีการออกแบบ $(i \times j): p$ เช่น กรณีการออกแบบการวัด (objects x scorer) :patients ตามที่พอร์ท (Cronbach. et al.1972: 170; citing Porch. 1966,1970) ได้กล่าวถึงคะแนนที่ได้มาจากผู้ให้คะแนน โดยใช้ข้อคำถามในการวัดที่แตกต่างกันในผู้ป่วยในแต่ละคน เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง

2.3) กรณีการออกแบบ $(i,j) \times p$ เป็นกรณีที่เกิดขึ้นเมื่อค่าพาเซทของ i มีค่าเท่ากับ พาเซทที่ j เหมือนกับกรณีการออกแบบการวัดเพียง 1 พาเซทที่ p ไขว้กับพาเซทของ i และ j อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว

2.4) กรณีการออกแบบ (i,j) :p เป็นกรณีการออกแบบการวัดที่สามารถประมาณค่า p ที่เกิดขึ้นภายในบุคคล (p) ซึ่งในกรณีการออกแบบดังกล่าว พื้นที่ของแหล่งของความแปรปรวนที่เกิดในบริเวณฟิสิกส์ที่ศึกษา i เท่ากับฟิสิกส์ที่ศึกษา j

2.5) กรณีการวัดแบบแฝงเต็มรูป (j:i:p) เป็นกรณีการออกแบบการวัดที่การแยกแหล่งของความแปรปรวนเพียงค่าเดียว เป็นกรณีการออกแบบการวัดที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เต็มรูป ตัวอย่างของกรณีการออกแบบการวัดแบบนี้มักใช้เพื่อศึกษาระดับความเหมาะสมของเงื่อนไขของเวลา ในกรณีคาบเรียน (i) ที่แฝงในวัน (d) แฝงในนักเรียน (p)

4.4.2. เบรนแนน (Brennan. 2001: 54-59) ได้ศึกษาทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดและพัฒนาโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง เช่น GENOVA urGENOVA โดยที่เบรนแนนให้ความสนใจในการศึกษาในการคำนวณประมาณค่า กรณีการออกแบบการวัดที่มีข้อมูลสมดุล (balance design) และข้อมูลไม่สมดุล (unbalance design) ผ่านกรณีการออกแบบการวัดต่างๆ โดยใช้นำเข้าข้อมูลโดยผ่านการเขียนคำสั่งโดยใช้ภาษาฟอร์แทรน ในการควบคุม ซึ่งรายละเอียดของกรณีการออกแบบการวัดที่เกี่ยวข้องกับสองฟิสิกส์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) กรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้ (cross design)

กรณีแบบสองฟิสิกส์ที่มีการไขว้แบบ $p \times i \times h$ ที่ซเวลสันได้ทำการศึกษา (Brennan. 2001: 117 -120; citing Shavelson. 1993: 222) โดยกำหนดกรณีการออกแบบการวัด $p \times t \times r$ โดยที่ใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากแบบประเมินตามสภาพจริง (California assessment program ; CAP) โดยนักเรียนแต่ละคนจะได้รับชิ้นงาน (Task) จำนวน 5 ชิ้นที่เป็นอิสระต่อกันที่มีการหมุนเวียนกันจนครบห้าฐาน เนื้อหาที่ใช้ประเมินจะเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ที่อาศัยจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน 3 ท่าน แบบประเมินดังกล่าวมีเกณฑ์การให้คะแนนตามระดับมาตรฐานวัด 5 ระดับตั้งแต่ 0 ถึง 4

2) กรณีแบบสองฟิสิกส์แบบแฝง (Nested design) ประกอบด้วย $p \times (i:h)$, $(i:p) \times h$, $i:(p \times h)$, $(i \times h):p$ ซึ่งเบรนแนน ได้เพิ่มเติมกรณีการออกแบบที่แบ่งย่อยออกเป็นกรณีที่มีข้อมูลครบถ้วน และกรณีที่ข้อมูลสูญหายไปบางส่วน (unbalance design)

2.1) กรณีแบบสองฟิสิกส์ที่มีการแฝงแบบ $(i:p) \times h$ เช่น $(p:c) \times i$ หมายถึงนักเรียนที่อยู่ในห้องเรียนที่มีการประเมินโดยผ่านการทำทุกข้อซึ่งกรณีการออกแบบการวัดดังกล่าวถูกพัฒนาโดย เบรนแนนและเคน (Brennan. 2001: 13; citing Kane; & Brennan. 1997) ซึ่งกรณีการออกแบบการวัดอาศัยข้อมูลที่เคน (Brennan. 2001: 130-131; citing Kane et al. 1967: 177) ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยในห้องเรียน (Class mean) ในบริบทของนักเรียนที่ประเมินวิธีการสอน โดยใช้แบบสอบถามที่มีการประเมินในรายวิชาฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัย

อิลลินอยส์ (University of Illinois) ในปี 1972 ที่ใช้ห้องเรียนจำนวน 15 ห้องเรียน และนักเรียนที่ถูกสุ่มเลือกมากกว่า 20 คน

2.2) กรณีแบบสองฟาเซทที่มีการแฝง แบบ $i:(p \times h)$ เช่น กรณีการออกแบบที่เบรนนัน (Brannan. 2001: 380 - 388) กรณี $p:(d:o)$ โดยที่ p แทนนักเรียน d แทนอำเภอหรือเขตที่นักเรียนอยู่ o แทนโอกาสในการวัดที่อาจมีการทดสอบนักเรียนหนึ่งใน 4 ชั้นปี โดยเปรียบเทียบคะแนนในรูปแบบผลต่างที่มาจากในแต่ละเขตจากแบบทดสอบทักษะความเข้าใจในการอ่านและคณิตศาสตร์ (Iowa test of Basic skill ; ITBS) โดยศึกษาในนักเรียนเกรด 4 จำนวน 103 ในโรงเรียนเขตไอโอวา (Iowa) โดยทำการเปรียบเทียบในนักเรียนต่างชั้นปีกัน มีการศึกษาใน 2 แบบทดสอบ โดยศึกษาค่าเกรดเฉลี่ย (GPA) ที่เป็นแบบสมมูลกัน

2.3) กรณีแบบสองฟาเซทที่มีการแฝง แบบ $(i \times h):p$ เช่น กรณีที่ $(i \times o):p$ นักเรียนแต่ละคนได้รับจำนวนข้อสอบเดียวกันแต่มีความแตกต่างของโอกาสในการวัด ซึ่งเบรนนันได้เสนอว่าเอกภพที่ยอมรับได้ในกรณีดังกล่าวที่สามารถสรุปอ้างอิงไปถึง คือ $(i \times o)$

2.4) กรณีแบบสองฟาเซทที่มีการแฝง แบบ $p \times (i:h)$ เช่น ในกรณี ลาร์แบร์ (Brannan. 2001: 38, 138; citing Llabre et al. 1988) ได้ศึกษาค่าความดันเลือด (Blood pressure) ที่มีการวัดความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัว (Systolic) และ ความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic) ของผู้ป่วยจำนวน 40 ราย ที่มีการวัดต่อเนื่อง 2 ครั้ง (2 consecutive days; $d=2$) และมีการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ($r=3$) โดยกำหนดกรณีการออกแบบการวัด $p \times (r:d)$ เพื่อศึกษาจำนวนครั้งของการวัดในหนึ่งวัดที่ต้องการวัดภายในหนึ่งวันอย่างน้อยที่สุดที่ต้องการอ่านค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่มีค่ามากกว่า 0.80 ต้องการทำการวัดความดันขณะหัวใจบีบตัว และทำการวัดขณะหัวใจคลายตัวเท่าใด

4.4.3 ชเวลสันและเว็บ (Shavelson; & Wabb. 1991: 52) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าในเรื่องทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดที่ ปรากฏในหนังสือ ที่ชื่อว่า Generalizability Theory: A Primer ได้กล่าวถึงกรณีการออกแบบการวัดที่มากกว่าหรือเท่ากับสองฟาเซทขึ้นไป หรือที่เรียกว่า Multifacet สามารถแบ่งกรณีการออกแบบการวัดที่มากกว่าหรือเท่ากับ 2 ดังนี้

1) กรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้

กรณีการวัด แบบ $p \times r \times o$ ที่มีการประเมินพฤติกรรมความช่วยเหลือของนักเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ เมื่อ p แทน บุคคล r แทนผู้ตรวจให้คะแนน จำนวน 2 คน o แทน จำนวนครั้งในการวัด 2 ครั้ง ที่ผู้ตรวจให้คะแนนทุกคนประเมินนักเรียนทุกคนทั้งสองครั้งในการวัด

นอกจากนี้ชเวลสันได้แบ่งกรณีการวัดแบบแฝงสองฟาเซท ที่ประกอบด้วย กรณีแฝงบางส่วน และกรณีแฝงเต็มรูป

2) กรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน (Partially nested design) ซึ่งกรณีการออกแบบการวัดดังกล่าว เรียกชื่อเหมือนกับ ครอนบาคและคณะ (Cronbach. et al. 1972) ประกอบด้วย 4 แบบแผน

2.1) กรณีการวัด $p \times (i:j)$ เช่น ตามที่ปรากฏในหนังสือของชเวลสัน; และเว็บ (Shavelson; & Webb. 1991: 72) ที่ได้ยกตัวอย่างงานวิจัยที่มีการกำหนดกรณีการออกแบบการวัดเป็น $p \times (i:s)$ ที่ว่าด้วยการศึกษาโครงสร้างทางบุคลิกภาพทางมโนคติของตนเอง (Self-Concept) ที่ได้ใช้แบบประเมิน Self – Description Questionnaire ; SDQ ที่ได้ทำการศึกษาในเรื่องทั่วไป ทางการศึกษา และวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีระดับมาตรวัด 6 ระดับ ประเมินด้วยจำนวนข้อ 16, 12 และ 10 ข้อ ในนักเรียนเกรด 7 จำนวน 140 คน ที่ได้ออกแบบกรณีการออกแบบการวัดที่ข้อคำถามอยู่ในมาตรวัด ($i : s$) กรณีการออกแบบการวัด $p \times (i:s)$ นักเรียนแต่ละคนจะถูกวัดด้วยข้อคำถามทุกข้อ และทุกมาตรวัด

2.2) กรณีการวัด $(i:p) \times j$ เช่น กรณีที่ชเวลสันได้ใช้ข้อมูลที่ศึกษาร่วมกับเอลลิช (Shavelson; & Webb. 1991: 59; citing Erlich; & Shavelson. 1978) ที่ร่วมกันศึกษาพฤติกรรมของครู (p) จำนวน 5 คน ที่โอกาสในการวัด (occasions) ที่ระดับต่างๆ ผ่านการบันทึกด้วยวิดีโอเทปจำนวน 15 วิดีโอเทป และทั้งเอลลิชและชเวลสันได้ร่วมกันกำหนดวางแผนกรณีการออกแบบการวัดเป็นกรณี $(o:p) \times r$ โดยเปรียบเทียบกับกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เต็มรูปแบบสองฟาเซทเช่นเดียวกัน โดยสามารถแยกแหล่งของความแปรปรวนเป็นดังนี้

2.3) กรณีการวัด $i:(p \times j)$ ซึ่งชเวลสันและเว็บ (Shavelson; & Webb. 1991: 59) ได้กล่าวถึงลักษณะการประเมินรวมทั้งสัญลักษณ์ในการประเมินดังนี้ เมื่อ i แทน จำนวนของข้อคำถาม p แทน จำนวนนักเรียน j แทน จำนวนผู้ประเมิน มีลักษณะการออกแบบการวัดที่นักเรียนแต่ละคนถูกประเมินด้วยผู้ประเมินทุกคน ซึ่งนักเรียนแต่ละคนที่ได้รับแบบประเมินที่มีต่างข้อคำถามกัน โดยที่ข้อคำถามจะแฝงในปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับผู้ประเมิน

2.4) กรณีการวัด $(i \times j): p$ ซึ่งชเวลสันและเว็บ (Shavelson; & Webb. 1991: 59-60) ได้กล่าวถึงลักษณะการประเมินรวมทั้งสัญลักษณ์ในการประเมินดังนี้ เมื่อ i แทน จำนวนของข้อคำถาม p แทน นักเรียน j แทน ผู้ประเมิน ข้อคำถามทุกข้อถูกประเมินด้วยผู้ประเมินทุกคน แต่มีความแตกต่างกันของนักเรียนที่ได้รับแบบประเมินจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดของข้อคำถามกับผู้ประเมิน

3). กรณีการวัดแบบแฝงเต็ม

3.1) กรณีแบบ $i:j:p$ ซึ่ง ชเวลสันและเว็บ (Shavelson; & Webb. 1991: 60) ได้กล่าวถึงลักษณะการประเมินรวมทั้งสัญลักษณ์ในการประเมินดังนี้ เมื่อ i แทน จำนวนของข้อคำถาม p แทน นักเรียน j แทน ผู้ประเมิน โดยที่นักเรียนในแต่ละคนถูกประเมินด้วยผู้ประเมินต่างคน และผู้ประเมินต่างคนประเมินด้วยชุดของข้อคำถามที่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ในงานวิจัยของหยินและชเวลสัน (Yin ; & Shavelson. 2008: 273 - 291) ได้กล่าวถึงกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้ ที่เป็น $P \times I \times F$ ที่ได้กล่าวถึง นักเรียน (P) ทุกคนได้รับข้อคำถามทุกข้อ (I) ภายใน ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่มีแตกต่างกัน (F) ที่สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ 1) ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม 2) ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือก

คำเชื่อมตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และกรณีการออกแบบการวัด แบบ $P \times I \times O$ ที่ได้กล่าวถึงนักเรียน(P)ทุกคนได้รับข้อคำถามทุกข้อ (I) แบบเดียวกัน ภายในจำนวนครั้งในการวัดซ้ำที่เท่ากัน (O)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ใช้แนวคิดของชเวลสันและแนวคิดของครอนบาคมารวมกันใช้ในการเรียกฟาเซทที่ศึกษาแบบที่มีการแฝงและแบบไขว้ร่วมกันเป็นกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน คือ แบบกรณีการออกแบบการวัดแบบ $P \times F \times O$ และกรณีการออกแบบการวัดแบบ $(O:F) \times P$ และผู้วิจัยได้สรุปประเด็นการออกแบบการวัดไว้ในตาราง 3 ดังต่อไปนี้

ตาราง 3 เปรียบเทียบชื่อกรณีการออกแบบการวัดที่ 2 ฟาเซท โดยจำแนกตามแนวคิดของครอนบาค เบรนนัน และชเวลสัน

กรณีการออกแบบการวัด ทั้งในการศึกษา G-study และ D-study		
แนวคิดของครอนบาคและคณะ (Cronbach. et al. 1972: 34-40)	แนวคิดของเบรนนัน (Brennan. 2001: 54)	แนวคิดของชเวลสันและเว็บ (Shavelson; & Webb 1991: 96-97)
cross design $p \times i \times j$	cross design $p \times i \times h$	cross design $p \times i \times j$
partially nested design	two nested design	partially nested design
$i \times (j:p)$	$p \times (i:h)$	$p \times (i:j)$
$(i:j) \times p$	$(i:p) \times h$	$(i:p) \times j$
$j:(i \times p)$	$i:(p \times h)$	$i:(p \times j)$
$(i \times j): p$	$(i \times h):p$	$(i \times j): p$
$(i,j) \times p$	-	-
$(i,j):p$	-	-
nested design	nested design	nested design
$i : j : p$	$i:p:h$	$i:j:p$

จากการศึกษางานเอกสาร รวมทั้งตำราที่เขียนโดยนักวิชาการที่เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด สามารถแบ่งกรณีการออกแบบการวัดแบบสองฟาเซทเป็น 2 รูปแบบใหญ่ คือกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้ (Cross design) และกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝง (Nested design) แต่ในงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้กรณีการออกแบบการวัดตามแนวความคิดของครอนบาคและคณะ (Cronbach. et al. 1972: 38) และ ชเวลสันและเว็บ

(Shavelson; & Webb 1991: 96) มาใช้ในการวิเคราะห์กรณีการออกแบบการวัด โดยกำหนดเป็นกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน และกรณีการออกแบบไขว้

4.5 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง

ครอนบาคและคณะ (Cronbach et al. 1972: 73 - 74) ได้เสนอขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกคือขั้นตอนของการศึกษาการสรุปอ้างอิงของสิ่งที่ต้องการมุ่งวัด (Generalizability Study : G-study) และขั้นตอนในส่วนของการศึกษาเพื่อการตัดสินใจ (Decision- Study) ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาการสรุปอ้างอิงของสิ่งที่ต้องการวัดเป็นกระบวนการที่ประมาณค่าความแปรปรวนจากแหล่งความแปรปรวนของเงื่อนไขหรือพาเซตที่ต้องการศึกษา ตามกรณีการออกแบบการวัด ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนของการวิเคราะห์ในส่วนย่อยดังนี้

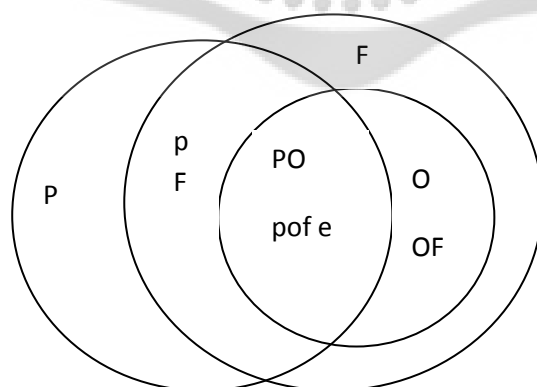
1. กำหนดตัวแปรที่ศึกษา หรือ สิ่งที่ต้องการมุ่งวัด ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยต้องการสนใจตัวแปรที่ศึกษา คือ ค่าความเชื่อมั่นหรือค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน

2. กำหนดพาเซตต้องการวัด หรือ คุณลักษณะของตัวแปรที่ศึกษา โดยไม่นับรวมบุคคล เป็นพาเซต เนื่องจากเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ในที่นี้คุณลักษณะของตัวแปรอิสระ คือจำนวนครั้งในการวัด (O) และรูปแบบของแบบประเมิน (F)

3. กำหนดกรณีการออกแบบการวัด เพื่อจัดระบบความสัมพันธ์ของพาเซตที่ต้องการศึกษา ซึ่ง กรณีการออกแบบการวัด สามารถ แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ กรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้ (Cross Design) มีสัญลักษณ์ x แทน หมายความว่า เป็นการวัดทุกกรณีพาเซตที่ต้องการศึกษา เช่น การออกแบบ 1 พาเซต ($P \times I$) แปลความหมายได้ คือ นักเรียนทุกคนได้ทำข้อสอบทุกข้อ กรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่ง (nested design) มีสัญลักษณ์ $(:)$ เป็นกรณีการออกแบบการวัดที่ต้องการวัดจากที่เก็บข้อมูล มาบางส่วนในการวิเคราะห์ เช่น $(p:i)$ นักเรียนบางคนได้ทำข้อสอบบางข้อ และกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (Partially Nested Design) ซึ่งเป็นการออกแบบที่มีการรวมลักษณะการออกแบบการวัดแบบไขว้ และการวัดแบบแบ่งเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งจะใช้ได้ในการออกแบบพาเซต 2 พาเซต ขึ้นไป ซึ่งลักษณะการออกแบบมีได้หลายรูปแบบ เช่น $(I:J) \times P$ หรือ $I: (J \times P)$ การเลือกใช้กรณีการออกแบบการวัดแบบใด ขึ้นอยู่กับลักษณะของคำถามการวิจัย และคำตอบที่ต้องการ ในที่นี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกรณีการออกแบบการวัดที่ต้องการศึกษาเป็นกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (Partially Nested Design) เพื่อที่จะศึกษาผลของจำนวนครั้งในการวัดที่ส่งผลต่อคุณภาพค่าความเชื่อมั่น ด้านการสรุปอ้างอิง โดยที่รูปแบบของการใช้แบบประเมินมีการใช้ที่เหมือนกันซึ่งมี 2 รูปแบบ จึงออกแบบกรณีการออกแบบการวัดเป็น $(O:F) \times P$ โดยที่ O แทนจำนวนครั้งในการวัด F แทนรูปแบบของแบบประเมิน และ P เป็นนักเรียน ซึ่งกรณีการออกแบบการวัดแต่ละรูปแบบมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกันออกไป เช่น กรณี

การออกแบบการวัดแบบไขว้ จะทำให้ทราบสารสนเทศของความแปรปรวนของทุกแหล่งของเงื่อนไขที่ศึกษา แต่ผู้วิจัยจำเป็นต้องเก็บข้อมูลที่เป็นไปได้ทุกกรณี เพื่อในการวิเคราะห์ ซึ่งอาจต้องใช้ทรัพยากร ทั้งงบประมาณที่ต้องมีการสนับสนุนค่อนข้างมาก และเวลาในการเก็บข้อมูลที่ยาวนาน กรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงจะให้สารสนเทศ ด้านความแปรปรวนของฟาเซทที่ต้องการศึกษาน้อยกว่า ให้ทราบสารสนเทศในสิ่งที่ผู้วิจัยสนใจ เนื่องจากรูปแบบของฟาเซทที่ต้องการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ ยังคงอยู่ในรูปแบบผสม (confound) จึงยังไม่สามารถวิเคราะห์แหล่งของความแปรปรวนของฟาเซทที่อยู่ในลักษณะแยกเดี่ยวได้ ส่วนกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน (Partially Nested design) จะให้ทราบสารสนเทศที่เป็นแหล่งของความแปรปรวนย่อย แบบใดมากกว่า ขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบ แต่ทว่าความแปรปรวนที่แยกเดี่ยวได้ มีค่าไม่ครอบคลุมของทุกฟาเซทที่ศึกษา จะให้สารสนเทศที่ผู้วิจัยสนใจ ส่วนที่เหลือที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้จะอยู่ในรูปองค์ประกอบแบบแฝงบางส่วน (Partially Nested design) แต่ค่าความเชื่อมั่นที่ได้มีความแข็งแกร่งที่มากกว่ารูปแบบกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝง (Nested design)

4. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย สามารถกระทำได้ใน 2 ลักษณะ คือ การเลือกแบบเจาะจง และการสุ่มตัวอย่าง เช่น ในที่นี้ผู้วิจัยได้สุ่มตัวอย่างนักเรียน n_p คน ตัวอย่างของรูปแบบของแบบประเมิน n_f รูปแบบ และจำนวนครั้งในการวัด n_o ครั้ง ซึ่งผู้วิจัยได้สนใจในกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน ($O : F$) $\times$ P ในกรณีนี้ประกอบด้วยแหล่งของความแปรปรวน 4 แหล่ง เป็นผลหลัก (main effect) 2 แหล่ง คือ ผลจากรูปแบบของแบบประเมิน ผลจากนักเรียน ผลร่วมอีก 2 แหล่ง ได้แก่ ผลร่วมระหว่างการวัดซ้ำกับรูปแบบประเมินที่ประเมิน โดยถูกแฝงในรูปแบบการประเมิน ผลร่วมระหว่างรูปแบบของแบบประเมินกับนักเรียนที่ได้รับการประเมิน และผลที่เกิดจากส่วนที่ไม่สามารถระบุแหล่งที่มาได้หรือส่วนที่เหลือ คือ ผลร่วมระหว่างนักเรียนกับจำนวนครั้งในการวัด และผลร่วมระหว่างนักเรียน จำนวนครั้งในการวัด กับรูปแบบของแบบประเมิน เขียนแทนด้วยแผนภาพเวนน์ (Venn) ได้ภาพประกอบ 9 ดังนี้



ภาพประกอบ 9 องค์ประกอบความแปรปรวนของกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน

($O : F$) $\times$ P

จากแผนภาพเวนน์ จะเห็นได้ว่ามีผลหลัก (main effect) 2 แหล่ง คือ ผลจากนักเรียน (P) และผลจากรูปแบบของแบบประเมิน (F) ผลร่วม (Interaction Effects) 2 แหล่ง ได้แก่ ผลร่วม

ระหว่างรูปแบบของแบบประเมินกับนักเรียน (PF) และผลของการวัดซ้ำที่แฝงในรูปแบบของแบบประเมิน (O,FO) และผลที่เกิดจากส่วนที่ไม่สามารถระบุแหล่งที่มาได้หรือส่วนที่เหลือ คือ ผลรวมระหว่างรูปแบบของแบบประเมินกับจำนวนครั้งในการวัด และปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน จำนวนครั้งในการวัด และรูปแบบของแบบประเมิน

ซึ่งค่าความแปรปรวนต่างๆ จากองค์ประกอบ คำนวณมาจากค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean square) โดยใช้การวิเคราะห์ ANOVA ในการประมาณค่าความแปรปรวนจากค่าเฉลี่ยกำลังสองนั้น ใช้สูตรเฉพาะที่สอดคล้องกับรูปแบบ เช่น สูตรในการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อองค์ประกอบที่ศึกษาเป็นองค์ประกอบสุ่มทั้งหมด และกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเป็นแบบ Partially Nested design ใช้สูตรของ เบรนนัน (Brennan. 2001: 70) ดังนี้

$$MS(\alpha) = \frac{SS}{df}$$

เมื่อ df	แทน	องศาแห่งความเป็นอิสระของและองค์ประกอบ
effect	แทน	อิทธิพลขององค์ประกอบที่ต้องการศึกษา
SS	แทน	ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน

โครงสร้างขององค์ประกอบความแปรปรวนกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วนตามสูตรของชเวลสันและเว็บบ กรณีของแบบ (i :p) x j (Shavelson; & Webb. 1991: 61)

$$EMS_p = n_i n_j \sigma_p^2 + n_j \sigma_{i,pi}^2 + \sigma_{ij,pj,e}^2$$

$$EMS_j = n_p n_i \sigma_j^2 + n_i \sigma_{pj}^2 + \sigma_{ij,pj,e}^2$$

$$EMS_{pj} = n_i \sigma_{pj}^2 + \sigma_{ij,pj,e}^2$$

$$EMS_{i,pi} = n_j \sigma_{i,pi}^2 + \sigma_{ij,pj,e}^2$$

$$EMS_{ij,pj,e} = \sigma_{ij,pj,e}^2$$

จากกรณีสูตรของชเวลสันที่ได้กำหนดลักษณะการออกแบบดังกล่าว ผู้วิจัยสามารถเทียบกับรูปแบบ (O:F) x P ได้ดังนี้

$$EMS_F = n_o n_p \sigma_F^2 + n_p \sigma_{o,of}^2 + \sigma_{po,pof,e}^2$$

$$EMS_p = n_o n_f \sigma_p^2 + n_o \sigma_{fp}^2 + \sigma_{po,pof,e}^2$$

$$EMS_{FP} = n_o \sigma_{fp}^2 + \sigma_{po,pof,e}^2$$

$$EMS_{o,of} = n_p \sigma_{o,of}^2 + \sigma_{po,pof,e}^2$$

$$EMS_{pof} = \sigma_{po,pof,e}^2$$

โครงสร้างของสมการทั้งหมดนี้สัมพันธ์กับแผนภาพเวนนี ตัวอย่างเช่น ในส่วนของวงกลม P ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วน ส่วน p ส่วน fp และส่วน po,pof,e ซึ่งเป็นส่วนของความแปรปรวนที่แสดงทางขวามือของสมการ ในการหาความคาดหวังเฉลี่ย (EMS) ซึ่งประกอบด้วยส่วนพื้นที่ย่อย 5 ส่วน ส่วน p ส่วน pf ส่วน f ส่วน o,fo และ ส่วน po,pof,e ในพื้นที่วงกลม o, fo ซึ่งเป็นส่วนวงกลม o ภายใต้วงกลม f มีบริเวณซ้อนทับกับวงกลม p ประกอบด้วย 2 พจน์ คือ o,fo และ po,pof,e ซึ่งเป็นส่วนที่แสดงในเทอมทางขวามือของสมการในการหาความคาดหวังเฉลี่ย($EMS_{fo,o}$) ในพื้นที่วงกลม p และวงกลม f และมีบริเวณซ้อนทับระหว่าง และมีส่วน po,pof,e ซึ่งเป็นส่วนที่แสดงในเทอมทางขวามือของสมการในการหาความคาดหวังเฉลี่ย(EMS_p) เป็นต้น ดังนั้น การหาความคาดหวังเฉลี่ยกำลังสองสามารถกระทำได้ โดยอาศัยแผนภาพเวนนี ซึ่งถ้าองค์ประกอบใดไม่รวม n_p สามารถใช้ ตัว p เป็นตัวคูณร่วมกับองค์ประกอบนั้น ใช้ n_o เป็นตัวคูณร่วมถ้าองค์ประกอบนั้นไม่มี o

ค่าความแปรปรวนที่ได้จากการศึกษาการสรุปอ้างอิง(G-study) เป็นค่าประมาณความแปรปรวนที่แท้จริงที่ได้จากคะแนนเอกภพของฟาเซทที่ศึกษาที่มีขนาด 1 หน่วย กล่าวคือ ค่าที่ได้เป็นค่าความแปรปรวนของผู้สอบ 1 คน ที่ได้จากโอกาสในการวัดเพียง 1 ครั้ง และได้รับการทำแบบประเมินเพียง 1 รูปแบบ ซึ่งในขั้นตอนการศึกษา G-study จะอยู่ภายใต้ขอบเขตการศึกษาของเอกภพที่สามารถยอมรับได้ (Universe of Admissible Observation)

ขั้นที่ 2 การศึกษาเพื่อการตัดสินใจเป็นการประมาณค่าตามเงื่อนไขที่เป็นไปได้ของขอบเขต

2.1 การกำหนดเอกภพการสรุปอ้างอิง (Universe of Generalizability) เป็นการกำหนดสิ่งที่เป็นลักษณะเฉพาะของเอกภพของการสรุปอ้างอิงที่ผู้ตัดสินใจต้องการอ้างอิงไปถึง อาจประกอบด้วยฟาเซทที่ศึกษาทั้งหมดในเอกภพของการสังเกตที่ทำการยอมรับได้

2.2 การประมาณค่าตามเงื่อนไขที่ศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง คือ การประมาณจำนวนกลุ่มตัวอย่างของฟาเซทที่ทำการศึกษา ทั้งนี้การประมาณค่ากลุ่มตัวอย่างสามารถกระทำได้จากการศึกษาในขั้นตอนการศึกษาการสรุปอ้างอิง ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์(‘) ในการประมาณค่า (n'_o) แทนจำนวนของโอกาสในการวัดซ้ำ

2.3 การกำหนดกรณีการออกแบบการวัดในขั้นตอนการศึกษาเพื่อการตัดสินใจ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของฟาเซทที่ได้ทำการศึกษา ซึ่งอาจจะเหมือนหรือแตกต่างจากกรณีการออกแบบการวัดในการศึกษาการสรุปอ้างอิง (G-study) ในการวิจัยครั้งนี้แบบแผนของ D-study ประกอบด้วย ($P \times O \times F$)

2.4 การกำหนดรูปแบบ ว่าควรเลือกใช้รูปแบบใดในการวัด เช่น รูปแบบการสุ่ม (Random Model) รูปแบบกำหนด (Fixed Model) รูปแบบผสม (Mixed Model) ซึ่งโดยหลักการควรเลือกใช้รูปแบบการสุ่ม เพราะสามารถสรุปอ้างอิงได้ดีกว่า

2.5 การประมาณค่าความแปรปรวนในการศึกษาเพื่อการตัดสินใจ (D-study) เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนใหม่ ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การตัดสินใจของผู้วิจัยว่าต้องการสารสนเทศใดบ้าง

4.6 ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์และสัมพัทธ์ (Absolute and Relative Error Variance)

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550: 17) ได้กล่าวว่า ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) คะแนนจริง (True score; T_p) ของผู้สอบ คือค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการสอบซ้ำด้วยแบบสอบคู่ขนาน ความแปรปรวนของคะแนนจริงจึงเป็นความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของการสอบนั้น และความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ เป็นผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อน ดังนี้

$$X_{pi} = T_{pi} + E_{pi}$$

$$\sigma_{pi}^2 = \sigma_{Tp}^2 + \sigma_{Ep}^2$$

สำหรับ G – Theory คะแนนเอกภพ (Universe score) คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดซ้ำหลายๆ ครั้ง ตามเงื่อนไขการวัดในเอกภพของการสุ่มอย่างอิสระ สำหรับความคลาดเคลื่อนของการวัด (E_{pi}) ถูกจำแนกออกเป็นความคลาดเคลื่อนจากฟาเซต หรือกลุ่มเงื่อนไขของการวัด (E_i) และความคลาดเคลื่อนจากแหล่งที่เหลืออื่นๆ (e_{pi}) ส่วนความแปรปรวนของค่าคาดหวังของคะแนนที่สังเกตได้ เป็นผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ กับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจากฟาเซตหรือองค์ประกอบ (i) ต่างๆ ของการวัด σ_{Ei}^2 และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนจากแหล่งอื่นๆ ดังนี้

$$X_{pi} = T_{pi} + E_{pi} + e_{pi}$$

สำหรับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจากองค์ประกอบต่างๆ ของการวัดสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1 ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสมบูรณ์ (Absolute Error Variance; σ_{ABS}^2 หรือ σ_{Δ}^2) คือความแปรปรวนของ $\mu_p - X_p$ ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของความแปรปรวนร่วมของคะแนนจากแหล่งต่างๆ ยกเว้น $\sigma_{\mu_p}^2$ หรือ σ_p^2

2. ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ (Relative Error Variance; σ_{REL}^2 หรือ σ_{δ}^2) คือความแปรปรวนของ $\mu_p - X_p$ ซึ่งคำนวณได้จากผลรวมของความแปรปรวนร่วมของคะแนนจากแหล่งต่างๆ ที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอบ

ใน G – Theory ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อน แบ่งได้ 2 แบบคือความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสมบูรณ์ที่คำนวณได้จากคะแนนจากแหล่งต่างๆ โดยตรงและความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนแบบสัมพันธ์คำนวณได้จากคะแนนจากแหล่งต่างๆที่มีปฏิสัมพันธ์กัน

4.7 การออกแบบฟาเซท

ในการออกแบบฟาเซท คือการออกแบบเงื่อนไขในสิ่งที่เรากำลังศึกษา ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดของการออกแบบฟาเซทในกรณีต่างๆ ดังนี้

1. กรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้ (Crossed design)

1.1 กรณีการวัดที่มีหนึ่งองค์ประกอบแบบไขว้ (One – facet, $i \times p$ Design)

คะแนนสังเกตของบุคคลในข้อสอบข้อหนึ่ง ได้รับอิทธิพลมาจากส่วนต่าง ๆ ดังนี้ (Shavelson; & Webb. 1991: 19)

$$\begin{aligned}
 X_{pi} &= \mu && \text{[ค่าคงที่ หรือค่าเฉลี่ยของทั้งหมด]} \\
 &+ \mu_p - \mu && \text{[อิทธิพลของบุคคล]} \\
 &+ \mu_i - \mu && \text{[อิทธิพลของข้อสอบ]} \\
 &+ X_{pi} - \mu_p - \mu_i + \mu && \text{[อิทธิพลของส่วนที่เหลือ]}
 \end{aligned}$$

เมื่อ μ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมดจากประชากรในเอกภพ (Grand mean)

μ_p คือ คะแนนเอกภพของแต่ละคน

μ_i คือ คะแนนเฉลี่ยรายข้อ

จะพบว่าอิทธิพลอื่นที่ต่างไปจากค่าเฉลี่ยทั้งหมด (Grand mean) มีการกระจายเกิดขึ้นแต่ค่าเฉลี่ยทั้งหมดมีค่าคงที่ จึงมีค่าความแปรปรวนเป็นศูนย์

การแจกแจงที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และมีความแปรปรวน (σ^2) เรียกว่าองค์ประกอบความแปรปรวน (Variance component) ประกอบด้วยส่วนแรกเป็นอิทธิพลของบุคคล ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนนระหว่างบุคคลเป็นศูนย์ คือ

$$E_p(\mu_p - \mu) = E_p(\mu_p) - E_p(\mu) = \mu - \mu = 0$$

ความแปรปรวนของอิทธิพลของบุคคล ใช้สัญลักษณ์เป็น σ_p^2 เรียกว่าองค์ประกอบความแปรปรวนของบุคคลหรือความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ เขียนสมการได้ เป็น

$$\sigma_p^2 = E_p(\mu_p - \mu)^2$$

ความแปรปรวนของอิทธิพลของข้อสอบใช้สัญลักษณ์เป็น σ_i^2 มีค่าเฉลี่ยรายข้อเป็นศูนย์ อิทธิพลส่วนสุดท้าย คือส่วนที่เหลือมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และความแปรปรวนเป็น $\sigma_{pi,e}^2$ จะได้ว่าความแปรปรวนของคะแนนสังเกตเป็นผลรวมของ 3 องค์ประกอบความแปรปรวนข้างต้น ดังนี้

$$\sigma_{x_{pi}}^2 = \sigma_p^2 + \sigma_i^2 + \sigma_{pi,e}^2$$

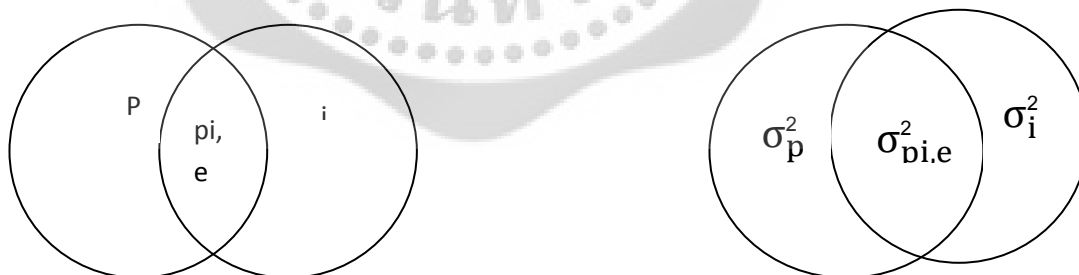
เมื่อ $\sigma_{x_{pi}}^2$ คือ ความแปรปรวนของคะแนนสังเกต

σ_p^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ (μ_p)

σ_i^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยรายข้อ (μ_i)

$\sigma_{pi,e}^2$ คือ คะแนนความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อน

ความแปรปรวนของคะแนนที่ สังเกตได้ในการวัดที่มีหนึ่งองค์ประกอบแบบไขว้ (One-facet crossed design) จึงขึ้นอยู่กับ 4 แหล่ง คือ 1) ความแตกต่างระหว่างบุคคลหรือสิ่งทีวัด (Person effect) 2) ความแตกต่างระหว่างความยากของข้อสอบ (Item effect) 3) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับข้อสอบ ($i \times p$ Interaction) และ 4) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างสุ่ม (Unsystematic or Random error) แต่ความแปรปรวนจากแหล่งที่ 3 และ ที่ 4 ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ เรียกว่า เป็นส่วนที่เหลือ (Residual) จึงเป็นแหล่งความแปรปรวนร่วมกัน ดังภาพประกอบ 10



แหล่งของความแปรปรวน

(Source of variation)

องค์ประกอบของความแปรปรวน

(Variance component)

ภาพประกอบ 10 แหล่งของความแปรปรวนและองค์ประกอบของความแปรปรวนสำหรับหนึ่งองค์ประกอบแบบไขว้ $p \times r \times o$ (Two – facet, $p \times r \times o$ Design)

ที่มา: Shavelson, R.J., & Webb, N.M. (1991). Generalizability theory: A primer volume 1. p 21.

กรณีการวัดที่มีสององค์ประกอบแบบไขว้ (Two – Facet, $p \times r \times o$ Design)
 คะแนนสังเกตของบุคคลในข้อสอบข้อหนึ่ง ได้รับอิทธิพลมาจากส่วนต่าง ๆ ดังนี้
 (Shavelson; & Webb. 1991: 22-23)

$$\begin{aligned}
 X_{pro} = & \mu && \text{[ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยทั้งหมด]} \\
 & + \mu_p - \mu && \text{[อิทธิพลของบุคคล]} \\
 & + \mu_r - \mu && \text{[อิทธิพลของผู้ตรวจ]} \\
 & + \mu_o - \mu && \text{[อิทธิพลของสถานการณ์]} \\
 & + \mu_{pr} - \mu_p - \mu_r + \mu && \text{[ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับผู้ตรวจ]} \\
 & + \mu_{po} - \mu_p - \mu_o + \mu && \text{[ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสถานการณ์]} \\
 & + \mu_{ro} - \mu_r - \mu_o + \mu && \text{[ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ตรวจกับสถานการณ์]} \\
 & + X_{pro} - \mu_{po} - \mu_{pr} - \mu_{ro} + \mu_p + \mu_r + \mu_o - \mu && \text{[อิทธิพลของส่วนที่เหลือ]}
 \end{aligned}$$

เมื่อ μ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมดจากประชากรในเอกภพ (Grand mean)

μ_p แทน คะแนนเอกภพของแต่ละคน

μ_r แทน คะแนนเฉลี่ยรายข้อ

จะพบว่า อิทธิพลอื่นที่ต่างไปจากค่าเฉลี่ยทั้งหมด (Grand mean) มี การกระจายเกิดขึ้น
 แต่ค่าเฉลี่ยทั้งหมดมีค่าคงที่ จึงมีความแปรปรวนเป็นศูนย์

แต่ละองค์ประกอบยกเว้นค่าเฉลี่ยทั้งหมด (Grand mean) นั้นมีการกระจาย คือ
 พฤติกรรมของผู้สอบเปลี่ยนไป ผู้ตรวจให้คะแนนแตกต่างกัน ซึ่ง แต่ละการกระจายมีค่าเฉลี่ยเป็น
 ศูนย์ และมีความแปรปรวน ความแปรปรวนทั้งหมดของเอกภพและประชากร จึงเป็นผลรวมของ
 องค์ประกอบความแปรปรวน 7 ส่วนดังนี้

$$\sigma_{X_{pro}}^2 = \sigma_p^2 + \sigma_r^2 + \sigma_o^2 + \sigma_{pr}^2 + \sigma_{po}^2 + \sigma_{ro}^2 + \sigma_{pro,e}^2$$

เมื่อ $\sigma_{X_{pro}}^2$ คือ ความแปรปรวนของคะแนนสังเกต

σ_p^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนเอกภพของผู้สอบ (μ_p)

σ_r^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยจากผู้ตรวจ (μ_r)

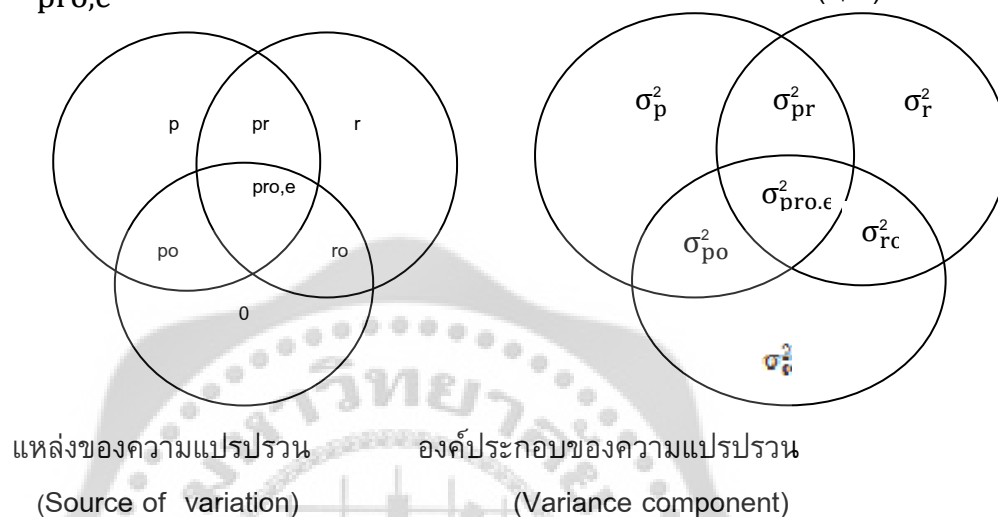
σ_o^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยของสถานการณ์การสอบแต่ละครั้ง

σ_{pr}^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบกับผู้ตรวจ

σ_{po}^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบกับสถานการณ์ของการสอบแต่ละครั้ง

σ_{ro}^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ตรวจกับสถานการณ์ของการสอบแต่ละครั้ง

$\sigma_{pro,e}^2$ คือ ความแปรปรวนของคะแนนคลาดเคลื่อนหรือส่วนที่เหลือ (e_{pro})



ภาพประกอบ 11 แหล่งของความแปรปรวนและองค์ประกอบของความแปรปรวนสำหรับสององค์ประกอบแบบไขว้ $p \times r \times o$ (Two – facet, $p \times r \times o$ Design)

ที่มา: Shavelson, R.J; & Webb, N.M. (1991). Generalizability theory: A primer volume 1.p. 24.

2. กรณีออกแบบการวัดแบบแฝง (Nested design)

2.1 กรณีการวัดที่มีหนึ่งองค์ประกอบแบบแฝง เมื่อ i แฝงใน p (One facet; $i : p$ Design)

คะแนนสังเกตของบุคคลในข้อสอบข้อหนึ่ง ได้รับอิทธิพลมาจากส่วนต่าง ๆ ดังนี้ (Shavelson; & Webb. 1991: 49 -50)

$X_{pi} = \mu$	[ค่าเฉลี่ยทั้งหมด]
$+ \mu_p - \mu$	[อิทธิพลของบุคคล]
$+ X_{pi} - \mu_p$	[ส่วนที่เหลือ]

การออกแบบแบบแฝง (Nested $i : p$ Design) จะไม่ได้จำแนกเทอมออกมาเป็น อิทธิพลของข้อสอบ โดยอิทธิพลของข้อสอบเป็นส่วนหนึ่งของเทอมส่วนที่เหลือ เนื่องจากบุคคลทำ ข้อสอบต่างข้อกัน จึงไม่สามารถประมาณค่าอิทธิพลของข้อสอบได้อย่างอิสระจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล

กับข้อสอบได้ สามารถเขียนอยู่ในอีกรูปได้เพื่อแสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของข้อสอบเป็นส่วนหนึ่งของส่วนที่เหลือ ดังนี้

$$X_{pi} - \mu_p = (\mu_i - \mu) + (X_{pi} - \mu_i - \mu_p + \mu)$$

จะได้ว่า องค์ประกอบความแปรปรวนของบุคคลหรือความแปรปรวนของคะแนนเอกภพนิยมเหมือนกับในการออกแบบแบบไขว้ นั่นคือ

$$\sigma_p^2 = E_p(X_{pi} - \mu_p)^2$$

และองค์ประกอบความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ มีค่าเป็น

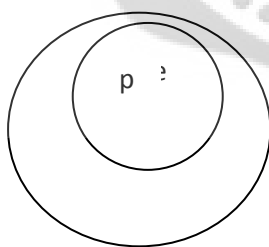
$$\sigma_{i,pi,e}^2 = E_p E_i (X_{pi} - \mu_p)^2$$

จากองค์ประกอบความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของข้อสอบนั้นรวมอยู่กับอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและข้อสอบ ซึ่งมีแหล่งของความแปรปรวนที่ไม่เป็นระบบหรือไม่สามารถวัดได้รวมอยู่ด้วยเช่นกัน

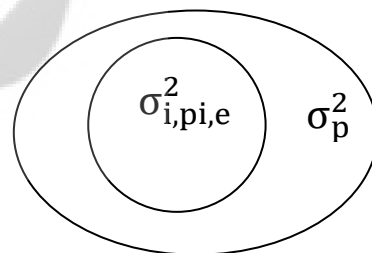
ดังนั้น ความแปรปรวนของคะแนนสังเกตได้ (X_{pi}) ของบุคคลและข้อสอบทั้งหมดจึงเป็นผลรวมขององค์ประกอบความแปรปรวนสององค์ประกอบ ดังนี้

$$\sigma_{(X_{pi})}^2 = \sigma_p^2 + \sigma_{i,pi,e}^2$$

เขียนแผนภาพเวนนีได้ดังนี้



แหล่งของความแปรปรวน
(Source of variation)



องค์ประกอบของความแปรปรวน
(Variance component)

ภาพประกอบ 12 แหล่งและองค์ประกอบของความแปรปรวนสำหรับหนึ่งองค์ประกอบแบบแฝงเมื่อ i แฝงใน p (One Facet, $i : p$ Design)

ที่มา: Shavelson, R.J. & Webb, N.M. (1991). Generalizability theory: A primer volume 1.p

2.2 กรณีการวัดที่มีสององค์ประกอบแบบแฝง เช่น กรณี $i : r : p$ (Two Facets, $i : r : p$ Design)

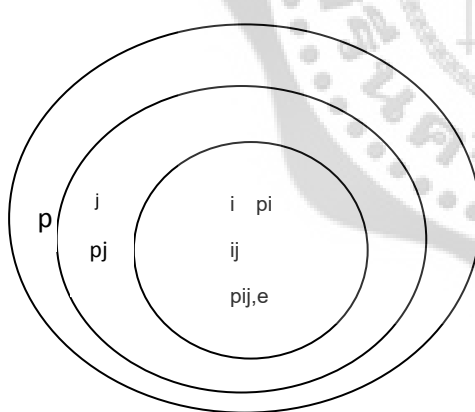
คะแนนสังเกตของบุคคลในข้อสอบข้อหนึ่ง ได้รับอิทธิพลมาจากส่วนต่าง ๆ ดังนี้ (Shavelson; & Webb. 1991: 60)

$$\begin{aligned}
 X_{pij} &= \mu \\
 &+ (\mu_p - \mu) \text{ อิทธิพลเนื่องจากบุคคล} \\
 &+ (\mu_{pj} - \mu_p) \text{ อิทธิพลเนื่องจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล} \\
 &+ (\mu_{pij} - \mu_{pj}) \text{ อิทธิพลในส่วนที่เหลือ}
 \end{aligned}$$

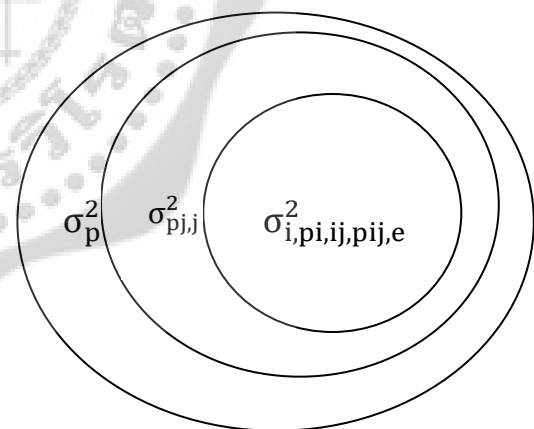
$$\sigma^2(X_{pij}) = \sigma_p^2 + \sigma_{j,pj}^2 + \sigma_{i,pi,ij,pij,e}^2$$

โดยที่บุคคลแต่ละคนถูกตัดสินโดยแต่ละชุดผู้ตัดสินที่แตกต่างกัน ชุดผู้ตัดสินแต่ละชุดจะถูกประเมินด้วยข้อคำถามที่ต่างชุดกัน โดยชุดข้อคำถามจะแฝงในชุดผู้ตัดสิน และชุดผู้ตัดสินจะแฝงในบุคคล

เขียนเป็นแผนภาพเวนน



แหล่งของความแปรปรวน
(Source of variation)



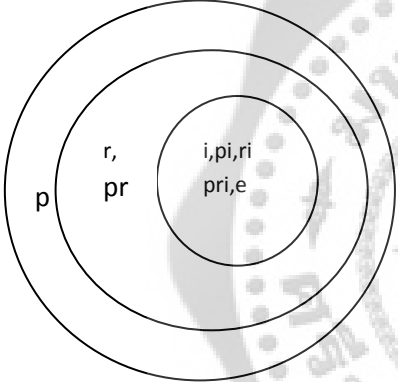
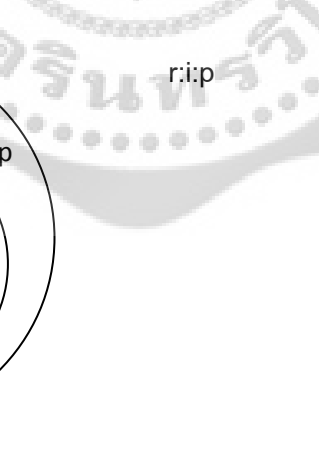
องค์ประกอบของความแปรปรวน
(Variance component)

ภาพประกอบ 13 แหล่งของความแปรปรวนและองค์ประกอบของความแปรปรวนสำหรับสององค์ประกอบแบบแฝง เมื่อ i แฝงใน p (two Facet, $i : r : p$ Design)

ที่มา: Shavelson, R.J. & Webb, N.M. (1991). Generalizability theory: A primer volume 1. p 24.

ศิริชัย กาญจนวาสี (2555: 45) ได้กล่าวถึง กรณีการออกแบบการวัดสองฟาเซทแบบแฝง ใน ขั้นตอนการสรุปอ้างอิง (G-study) โดยได้แสดงถึงองค์ประกอบความแปรปรวน และความหมายโดยโดย ยกตัวอย่างประกอบสถานการณ์สมมติ ซึ่งกำหนดให้ i คือ รายการพฤติกรรม p คือ นิสิตฝึกสอน และ r แทน อาจารย์นิเทศ ซึ่งรายละเอียดกรณีการออกแบบการวัดแบบสองฟาเซทแบบแฝงดังกล่าวสามารถ แสดง ดังตารางสรุป 4 ดังต่อไปนี้

ตาราง 4 สรุปองค์ประกอบแบบแฝงที่มีฟาเซทสององค์ประกอบ การออกแบบแฝง และความหมาย เมื่อ กำหนดให้ p แทนนิสิตฝึกสอน i แทนชุดของรายการพฤติกรรม r แทน อาจารย์นิเทศ

องค์ประกอบความแปรปรวน	การออกแบบที่มีสองฟาเซท	ความหมาย
		นิสิตฝึกสอนแต่ละคนถูกประเมิน โดยอาจารย์นิเทศที่แตกต่างกัน และอาจารย์นิเทศแต่ละคนใช้ชุด รายการพฤติกรรมที่แตกต่างกัน
		นิสิตฝึกสอนแต่ละคนถูกประเมิน โดยชุดรายการพฤติกรรมที่แตกต่างกันและชุดรายการพฤติกรรมที่แต่ละรายการถูกประเมินโดยชุดของ อาจารย์นิเทศที่แตกต่างกัน

ที่มา: ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555) ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่. หน้า 46.

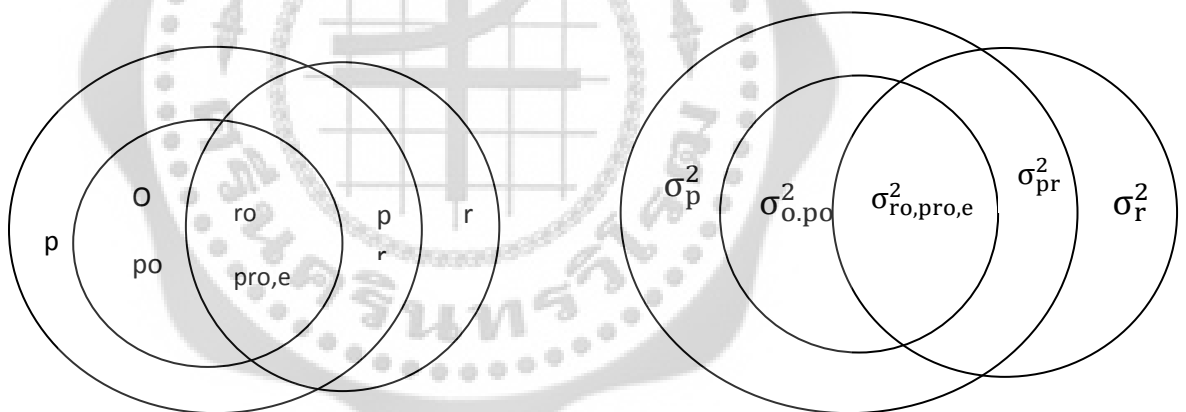
กรณีการออกแบบการวัดแบบแบบแฝงบางส่วน (Partially nested design) เช่น
กรณี (o:p) x r Design

คะแนนสังเกตของบุคคลในข้อสอบข้อหนึ่ง ได้รับอิทธิพลมาจากส่วนต่างๆ ดังนี้
(Shavelson; & Webb. 1991: 52-53)

องค์ประกอบของความแปรปรวนของคะแนนได้มา 5 แหล่ง

$$\begin{aligned}
 X_{\text{pro}} &= \mu \\
 &+ \mu_p - \mu \\
 &+ \mu_r - \mu \\
 &+ \mu_{po} - \mu_p \\
 &+ \mu_{pr} - \mu_p - \mu_r + \mu \\
 \sigma^2(X_{\text{pro}}) &= \sigma_p^2 + \sigma_r^2 + \sigma_{o,po}^2 + \sigma_{pr}^2 + \sigma_{ro,pro,e}^2
 \end{aligned}$$

เขียนแผนภาพเวนนีได้



แหล่งของความแปรปรวน

(Source of variation)

องค์ประกอบของความแปรปรวน

(Variance component)

ภาพประกอบ 14 แหล่งของความแปรปรวนและองค์ประกอบของความแปรปรวนสำหรับออกแบบ
การวัดแบบแบบแฝงบางส่วน (Partially nested design) (o:p) x r Design

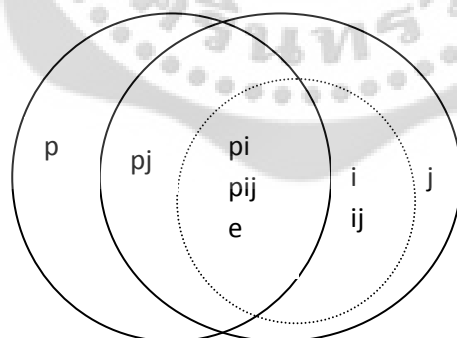
ที่มา: Shavelson, R.j., & Webb, N.M. (1991). Generalizability theory: A primer volume 1. p
53.

จากภาพประกอบ13เป็นการออกแบบแบบแฝงบางส่วนที่มีการพิจารณาผู้สอบ โดยกำหนดให้
บุคคล(p) โอกาสในการสังเกต(o) และจำนวนผู้ประเมิน (r) เป็นเงื่อนไขที่ใช้ในการศึกษา โดยผลจาก

โอกาสในการสังเกต(o) เป็นอิทธิพลที่เกิดจากการผสมระหว่างปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและการ
โอกาสในการสังเกต (po) ซึ่งองค์ประกอบความแปรปรวนสำหรับโอกาสในการสังเกตที่ประกอบด้วย
ความแปรปรวนแบบผสมที่มีการผสมกันระหว่างความแปรปรวนของผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล
และโอกาสในการสังเกต σ_{po}^2 และผลจากโอกาสในการสังเกตได้ ซึ่งสามารถเขียนในรูปสัญลักษณ์
ได้ว่า $\sigma_{o,po}^2$ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ประเมินและโอกาสในการสังเกต ซึ่งจะมีปฏิสัมพันธ์
ของส่วนที่ไม่สามารถทำการวัดได้หรือรวมอยู่ด้วย ซึ่งสามารถเขียนในรูปสัญลักษณ์ได้ว่า $\sigma_{pro,e}^2$
กรณีการออกแบบการวัดแบบแบบแบ่งบางส่วน (Partially nested design) : กรณีแบบ $p \times (i:j)$
คะแนนสังเกตของบุคคลในข้อสอบข้อหนึ่ง ได้รับอิทธิพลมาจากส่วนต่างๆ ดังนี้
(Shavelson; & Webb. 1991: 57-58) องค์ประกอบของความแปรปรวนของ
คะแนนได้มา 6 แหล่ง

$$\begin{aligned}
 X_{pij} &= \mu \\
 &+ (\mu_p - \mu) \\
 &+ (\mu_j - \mu) \\
 &+ (\mu_{ij} - \mu_j) \\
 &+ (\mu_{pj} - \mu_p - \mu_j + \mu) \\
 &+ (X_{pij} - \mu_{pj} - \mu_{ij} + \mu_j) \\
 \sigma^2(X_{pij}) &= \sigma_p^2 + \sigma_j^2 + \sigma_{i,j}^2 + \sigma_{pj}^2 + \sigma_{pi,pij,e}^2
 \end{aligned}$$

เขียนแผนภาพเวนนีได้



ภาพประกอบ 15 องค์ประกอบของแหล่งความแปรปรวนกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่ง
บางส่วน (Partially nested design) กรณีแบบ $p \times (i:j)$

ที่มา: Shavelson, R.J., & Webb, N.M. (1991). Generalizability theory: A primer volume 1 .p
57.

สำหรับรูปแบบกรณีแบบ $p \times (i:j)$ ดังกล่าว เมื่อกำหนดให้ p แทนนักเรียนแล้ว i คือ ผู้ตรวจให้คะแนน j คือ จำนวนข้อ จะได้ว่า นักเรียนแต่ละคนถูกประเมินด้วยข้อสอบทุกข้อ โดยมีผู้ตรวจให้คะแนนทุกคน แต่ผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคนจะตรวจข้อสอบในแต่ละข้อที่ต่างกัน

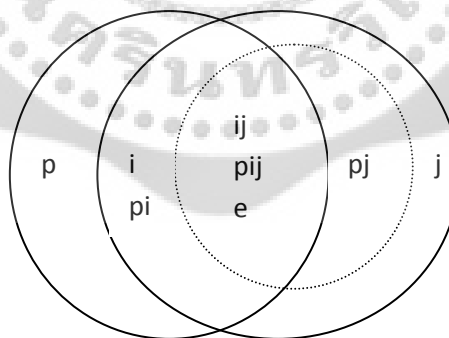
กรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน (Partially nested design) : กรณีแบบ $(i:p) \times j$

คะแนนสังเกตของบุคคลในข้อสอบข้อหนึ่ง ได้รับอิทธิพลมาจากส่วนต่างๆ ดังนี้ (Shavelson; & Webb. 1991: 57-58)

องค์ประกอบของความแปรปรวนของคะแนนได้มา 6 แหล่ง

$$\begin{aligned}
 X_{pij} = & \mu \\
 & + (\mu_p - \mu) \\
 & + (\mu_j - \mu) \\
 & + (\mu_{pi} - \mu_p) \\
 & + (\mu_{pj} - \mu_p - \mu_j + \mu) \\
 & + (X_{pij} - \mu_{pj} - \mu_{pi} + \mu_p)
 \end{aligned}$$

$$\sigma^2(X_{pij}) = \sigma_p^2 + \sigma_j^2 + \sigma_{i,pi}^2 + \sigma_{pj}^2 + \sigma_{ij,pij,e}^2$$



ภาพประกอบ 16 องค์ประกอบของแหล่งความแปรปรวนกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วนกรณีแบบ $(i:p) \times j$

ที่มา: Shavelson; & Webb. (1991). Generalizability theory: A primer volume 1. p 58.

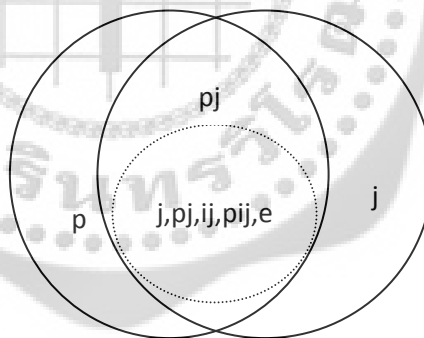
สำหรับรูปแบบกรณีแบบ (i:p) x j ดังกล่าว เมื่อกำหนดให้ p แทนนักเรียนแล้ว i คือ ผู้ตรวจให้คะแนน j คือ จำนวนข้อ จะได้ว่า นักเรียนแต่ละคนได้รับชุดข้อสอบที่แตกต่างกัน และการตอบของนักเรียนแต่ละคนถูกประเมิน โดยผู้ตรวจให้คะแนนทุกคน

กรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (Partially nested design) : กรณีแบบ i : (p x j)

คะแนนสังเกตของบุคคลในข้อสอบข้อหนึ่ง ได้รับอิทธิพลมาจากส่วนต่างๆ ดังนี้ (Shavelson; & Webb. 1991: 59)

องค์ประกอบของความแปรปรวนของคะแนนได้มา 4 แหล่ง

$$\begin{aligned}
 X_{pij} &= \mu \\
 &+ (\mu_p - \mu) \\
 &+ (\mu_j - \mu) \\
 &+ (\mu_{pj} - \mu_p - \mu_j + \mu) \\
 &+ (X_{pij} - \mu_{pj}) \\
 \sigma^2(X_{pij}) &= \sigma_p^2 + \sigma_j^2 + \sigma_{pj}^2 + \sigma_{i,pi,ij,pij,e}^2
 \end{aligned}$$



ภาพประกอบ 17 องค์ประกอบของแหล่งความแปรปรวนกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน
กรณีแบบ i : (p x j)

ที่มา: Shavelson, R.J., & Webb, N.M. (1991). Generalizability theory: A primer volume 1. p 59.

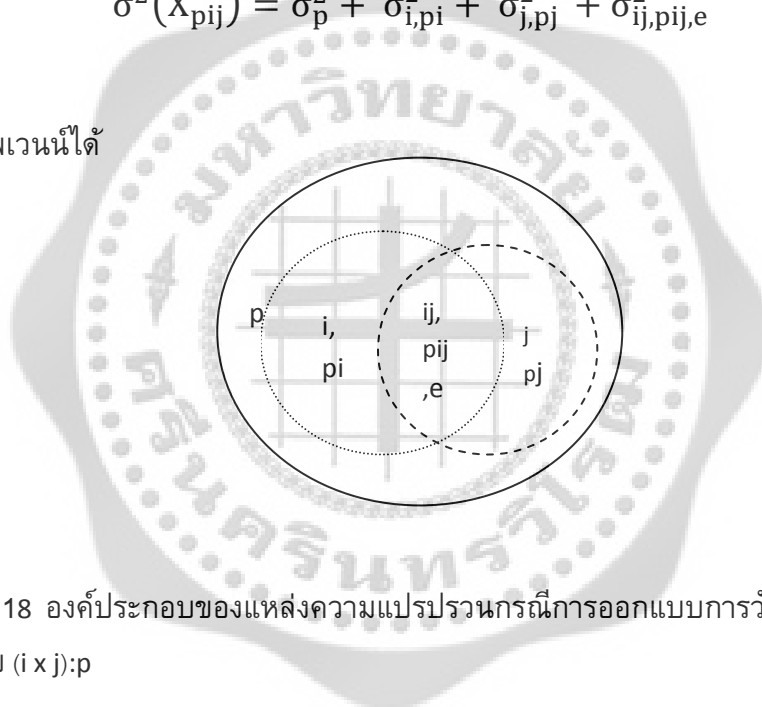
สำหรับรูปแบบกรณีแบบ i: (p x j) ดังกล่าว เมื่อกำหนดให้ p แทนนักเรียนแล้ว i คือ ผู้ตรวจให้คะแนน j คือ จำนวนข้อ จะได้ว่า นักเรียนแต่ละคนได้รับการตรวจการให้คะแนนจากผู้ตรวจให้คะแนนทุกคน แต่ได้รับชุดข้อสอบที่แตกต่างกัน

กรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (Partially nested design): กรณีแบบ $(i \times j):p$ คะแนนสังเกตของบุคคลในข้อสอบข้อหนึ่ง ได้รับอิทธิพลมาจากส่วนต่างๆ ดังนี้ (Shavelson; & Webb. 1991: 59-60)

องค์ประกอบของความแปรปรวนของคะแนนได้มา 5 แหล่ง

$$\begin{aligned}
 X_{pij} &= \mu \\
 &+ (\mu_p - \mu) \\
 &+ (\mu_{pi} - \mu_p) \\
 &+ (\mu_{pj} - \mu_p) \\
 &+ (X_{pij} - \mu_{pi} - \mu_{pj} + \mu_p) \\
 \sigma^2(X_{pij}) &= \sigma_p^2 + \sigma_{i,pi}^2 + \sigma_{j,pj}^2 + \sigma_{ij,pij,e}^2
 \end{aligned}$$

เขียนแผนภาพเวนนีได้



ภาพประกอบ 18 องค์ประกอบของแหล่งความแปรปรวนกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน กรณีแบบ $(i \times j):p$

ที่มา: Shavelson, R.J., & Webb, N.M. (1991). Generalizability theory: A primer volume 1.

p 59.

สำหรับรูปแบบกรณีแบบ $(i \times j):p$ ดังกล่าว เมื่อกำหนดให้ p แทนนักเรียนแล้ว i คือ ผู้ตรวจให้คะแนน j คือ จำนวนข้อ จะได้ว่าข้อคำถามทุกข้อถูกประเมินด้วยผู้ตรวจให้คะแนนทุกคน แต่นักเรียนแต่ละคนได้รับข้อคำถามที่แตกต่างกันและได้รับการตรวจให้คะแนนจากผู้ตรวจให้คะแนนต่างกัน

ค่าเฉลี่ยความคาดหวังกำลังสองของกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วนกรณีแบบ $(ixj):p$ สามารถคำนวณได้จากสูตรของชเวลสัน; และเว็บ(Shavelson; & Wabb. 1991: 61)

ดังต่อไปนี้

$$EMS_p = n_i n_j \sigma_p^2 + n_j \sigma_{i,pi}^2 + n_i \sigma_{j,pj}^2 + \sigma_{ij,pij,e}^2$$

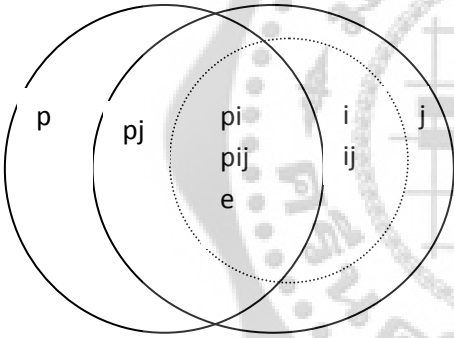
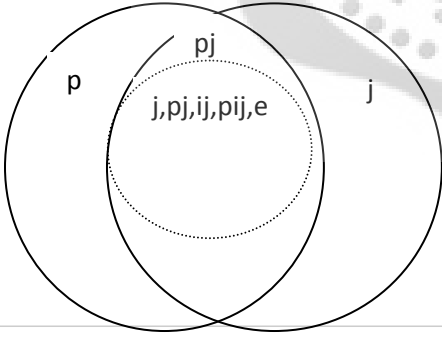
$$EMS_{i,pi} = n_i \sigma_{i,pi}^2 + \sigma_{ij,pij,e}^2$$

$$EMS_{j,pj} = n_j \sigma_{j,pj}^2 + \sigma_{ij,pij,e}^2$$

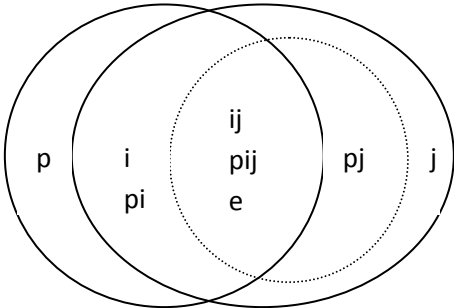
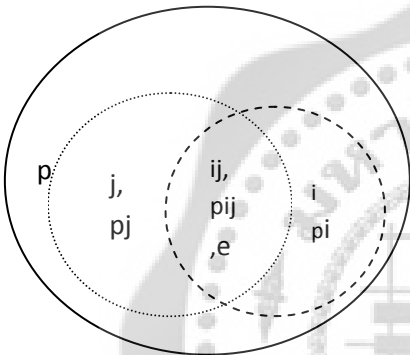
$$EMS_{ij,pij,e} = \sigma_{ij,pij,e}^2$$

จากการออกแบบฟาคะทรงแบบแบ่งบางส่วน (Partially Nested Design) แบบต่างๆ สามารถเขียนเป็นตารางสรุปได้ ดังตาราง 5

ตาราง 5 สรุปองค์ประกอบการออกแบบฟาคะทรง รูปแบบขององค์ประกอบ และความหมายการออกแบบแบ่งบางส่วนที่มีสององค์ประกอบ

รูปแบบขององค์ประกอบ	รูปแบบการออกแบบ	ความหมาย
	$p \times (i:j)$	นักเรียนแต่ละคนถูกประเมินด้วยข้อสอบทุกข้อ โดยมีผู้ตรวจให้คะแนนทุกคน แต่ผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคนจะตรวจข้อสอบในแต่ละข้อที่ต่างกัน
	$i: (j \times p)$	นักเรียนแต่ละคนได้รับการตรวจการให้คะแนนจากผู้ตรวจให้คะแนนทุกคน แต่ได้รับชุดข้อสอบที่แตกต่างกัน

ตาราง 5 (ต่อ)

รูปแบบขององค์ประกอบ	รูปแบบการออกแบบ	ความหมาย
	$(i:p) \times j$	นักเรียนแต่ละคนได้รับชุดข้อสอบที่แตกต่างกัน และการตอบของนักเรียนแต่ละคนถูกประเมิน โดยผู้ตรวจให้คะแนนทุกคน
	$(i \times j):p$	ข้อคำถามทุกข้อถูกประเมินด้วยผู้ตรวจให้คะแนนทุกคน แต่ นักเรียนแต่ละคนได้รับข้อคำถามที่แตกต่างกันและได้รับการตรวจให้คะแนนจากผู้ตรวจให้คะแนนต่างกัน

ที่มา: Shavelson, R.J., & Webb, N.M. (1991). Generalizability theory: A primer volume 1. 57-60.

4.8 การคำนวณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงได้นั้น สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งคือการประมาณค่าความแปรปรวนในส่วนของความคลาดเคลื่อน ซึ่งกระบวนการวิธีการดังกล่าว จะเหมาะสมในกรณีการออกแบบการวัดที่มีการวิเคราะห์ที่ซับซ้อน ในการเขียนคำสั่งในโปรแกรม หรือ การวิเคราะห์ผ่านคำสั่งในระบบปฏิบัติการโปรแกรม Windows ซึ่งในกรณีการออกแบบวัด ดังกล่าวส่วนมากมักจะเกิดขึ้นในกรณีการออกแบบแฟงบางส่วน ที่ต้องอาศัยสูตรในการคำนวณ ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอในสูตรในการคำนวณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนตามที่ปรากฏในหนังสือของชเวลสัน (Shavelson. 1991: 96- 97) ที่อธิบายตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

โดยกำหนดให้

σ_{Abs}^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสมบูรณ์ (Absolute Error Variance)

σ_{Rel}^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ (Relative Error Variance)

p แทน นักเรียน

i แทน ข้อสอบ

j แทน จำนวนผู้ตรวจให้คะแนน

กรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน กรณี $p \times (i:j)$

$$\sigma_{Rel}^2 = \frac{\sigma_{pj}^2}{n_j} + \frac{\sigma_{pi,pij,e}^2}{n_i n_j}$$

$$\sigma_{Abs}^2 = \frac{\sigma_j^2}{n_j} + \frac{\sigma_{i,j}^2}{n_i n_j} + \frac{\sigma_{pj}^2}{n_j} + \frac{\sigma_{pi,pij,e}^2}{n_i n_j}$$

ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ คำนวณได้จาก ผลบวกของ สัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับผู้ตรวจ (pj) ต่อจำนวนผู้ตรวจ ให้คะแนน กับสัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับข้อสอบ และ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับข้อสอบกับผู้ตรวจให้คะแนน และผลค่าคะแนนความคลาดเคลื่อน(pi ,pij,e) ต่อผลคูณระหว่างจำนวนข้อสอบกับจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน

ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสมบูรณ์ คำนวณได้จาก ผลบวกของ สัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน(j) ต่อจำนวนผู้ตรวจกับ สัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับผู้ตรวจ (pj) ต่อจำนวนผู้ตรวจ ให้คะแนน กับ สัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของจำนวนข้อสอบที่แบ่งในจำนวนผู้ตรวจให้ คะแนน (i,j) ต่อผลคูณระหว่างจำนวนข้อสอบกับจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน และสัดส่วนระหว่างค่า ความแปรปรวนของค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับข้อสอบ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับ ข้อสอบกับผู้ตรวจให้คะแนน และผลค่าคะแนนความคลาดเคลื่อน(pi ,pij,e) ต่อผลคูณระหว่างจำนวน ข้อสอบกับจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน

กรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน กรณี $(i:p) \times j$

$$\sigma_{Rel}^2 = \frac{\sigma_{pj}^2}{n_j} + \frac{\sigma_{i,pi}^2}{n_i} + \frac{\sigma_{ij,pij,e}^2}{n_i n_j}$$

$$\sigma_{Abs}^2 = \frac{\sigma_j^2}{n_j} + \frac{\sigma_{pj}^2}{n_j} + \frac{\sigma_{i,pi}^2}{n_i} + \frac{\sigma_{ij,pij,e}^2}{n_i n_j}$$

ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ คำนวณได้จากผลบวกของ สัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับผู้ตรวจ (pj) ต่อจำนวนผู้ตรวจ ให้คะแนน กับสัดส่วนระหว่างข้อสอบที่แฝงในนักเรียน(i,pi)ต่อจำนวนข้อสอบ และสัดส่วนระหว่าง ปฏิสัมพันธ์ของข้อสอบกับผู้ตรวจให้คะแนน ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างนักเรียน ข้อสอบ ผู้ตรวจให้ คะแนน และความคลาดเคลื่อนต่อผลคูณระหว่างจำนวนของข้อสอบกับจำนวนของผู้ตรวจให้คะแนน (ij,pij,e)

ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสมบูรณ์ คำนวณได้จาก ผลบวกของ สัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน (j) ต่อจำนวนผู้ตรวจกับสัดส่วน ระหว่างค่าความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับผู้ตรวจ (pj) ต่อจำนวนผู้ตรวจให้ คะแนน กับสัดส่วนระหว่างข้อสอบที่แฝงในนักเรียน(i,pi)ต่อจำนวนข้อสอบ และสัดส่วนระหว่าง ปฏิสัมพันธ์ของข้อสอบกับผู้ตรวจให้คะแนน ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างนักเรียน ข้อสอบ ผู้ตรวจให้ คะแนน และความคลาดเคลื่อนต่อผลคูณระหว่างจำนวนของข้อสอบกับจำนวนของผู้ตรวจให้คะแนน (ij,pij,e)

กรณีการออกแบบการวัดแบบแฟ่งบางส่วน กรณี i:(p x j)

$$\sigma_{Rel}^2 = \frac{\sigma_{pj}^2}{n_j} + \frac{\sigma_{i,pi,ij,pij,e}^2}{n_i n_j}$$

$$\sigma_{Abs}^2 = \frac{\sigma_j^2}{n_j} + \frac{\sigma_{pj}^2}{n_j} + \frac{\sigma_{i,pi,ij,pij,e}^2}{n_i n_j}$$

ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ คำนวณได้จากผลบวกของ สัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับผู้ตรวจ (pj)ต่อจำนวนผู้ตรวจ ให้คะแนน กับสัดส่วนระหว่างข้อสอบ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับข้อสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ข้อสอบและผู้ตรวจให้คะแนนและความคลาดเคลื่อน (i,pi,ij ,pij,e) ต่อผลคูณระหว่างจำนวนของ ข้อสอบกับจำนวนของผู้ตรวจให้คะแนนค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสมบูรณ์ คำนวณได้จาก ผลบวกของสัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน(j)ต่อ จำนวนผู้ตรวจกับ สัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับผู้ตรวจ

(pj)ต่อจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน กับสัดส่วนระหว่างข้อสอบ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับข้อสอบ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบและผู้ตรวจให้คะแนน และความคลาดเคลื่อน (i, p_i, ij, pij, e) ต่อผลคูณระหว่างจำนวนของข้อสอบกับจำนวนของผู้ตรวจให้คะแนน

กรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน กรณี ($i \times j$):p

$$\sigma_{\text{Rel}}^2 = \frac{\sigma_{i,pi}^2}{n_i} + \frac{\sigma_{j,pj}^2}{n_j} + \frac{\sigma_{ij,pij,e}^2}{n_i n_j}$$

$$\sigma_{\text{Abs}}^2 = \frac{\sigma_{i,pi}^2}{n_i} + \frac{\sigma_{j,pj}^2}{n_j} + \frac{\sigma_{ij,pij,e}^2}{n_i n_j}$$

ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ คำนวณได้จากผลบวกของสัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของข้อสอบที่แบ่งในนักเรียน(i, p_i) ต่อจำนวนข้อสอบกับสัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของผู้ตรวจให้คะแนนที่แบ่งในนักเรียน(j, p_j)ต่อจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน และสัดส่วนระหว่างปฏิสัมพันธ์ของข้อสอบกับผู้ตรวจให้คะแนน ปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนกับข้อสอบ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบและผู้ตรวจให้คะแนนและความคลาดเคลื่อน (ij, pij, e) ต่อผลคูณระหว่างจำนวนของข้อสอบกับจำนวนของผู้ตรวจให้คะแนน

ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสมบูรณ์ คำนวณได้จากสัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของข้อสอบที่แบ่งในนักเรียน(i, p_i) ต่อจำนวนข้อสอบกับสัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของผู้ตรวจให้คะแนนที่แบ่งในนักเรียน(j, p_j)ต่อจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน และสัดส่วนระหว่างปฏิสัมพันธ์ของข้อสอบกับผู้ตรวจให้คะแนน ปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนกับข้อสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบและผู้ตรวจให้คะแนน และความคลาดเคลื่อน (ij, pij, e) ต่อผลคูณระหว่างจำนวนของข้อสอบกับจำนวนของผู้ตรวจให้คะแนน

4.9 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient)

ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบ เป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับคะแนนที่สังเกตได้ ดังนี้

$$\text{Reliability} = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} = 1 - \frac{\sigma_E^2}{\sigma_X^2} = \rho_{XT}^2 = \rho_{xx'}$$

สำหรับ G – Theory สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient) เป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพกับความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนที่สังเกตได้ดังนี้

$$G \text{ coefficient} = \frac{\sigma_p^2}{\text{Error variance} + \sigma_p^2}$$

เนื่องจากความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจากองค์ประกอบต่าง ๆ ของการวัดมี 2 ประเภท จึงทำให้สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมี 2 ประเภท ได้แก่

1. สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินเชิงใจสมบูรณ์ (ρ_{Abs}^2) เมื่อคะแนนความคลาดเคลื่อนเป็นความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ สัมประสิทธิ์นี้บ่งบอกค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบ ในสถานการณ์ของการตัดสินใจที่ขึ้นกับคะแนนของผู้สอบตามลำพัง ไม่มีการเปรียบเทียบภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\rho_{Abs}^2 = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_{Abs}^2 + \sigma_p^2}$$

2. สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (ρ_{Rel}^2) เมื่อคะแนนความคลาดเคลื่อนเป็นความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ ค่าสัมประสิทธิ์นี้บ่งบอกค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบ ในสถานการณ์ของการตัดสินใจที่มีการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างผู้สอบ

$$\rho_{Rel}^2 = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_{Rel}^2 + \sigma_p^2}$$

$$\text{โดยที่ } \sigma_{Rel}^2 = \frac{\sigma_{i,pi}^2}{n_i} + \frac{\sigma_{j,pj}^2}{n_j} + \frac{\sigma_{ij,pij,e}^2}{n_i n_j}$$

กล่าวโดยสรุปได้ว่าทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory; G-theory) เป็นทฤษฎีที่ขยายแนวความคิดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมที่มีการแบ่งแยกความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนออกเป็นหลายค่า ซึ่งทำให้คะแนนที่สังเกต

ได้มีแนวโน้มเข้าใกล้เคียงคะแนนจริงมากยิ่งขึ้น ส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการวัด และสามารถวิเคราะห์อิทธิพลของเงื่อนไขที่ศึกษา เพื่อปรับปรุงเงื่อนไขของการวัด ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (G-theory) มาใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient) เพื่อศึกษาระดับความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ในเงื่อนไขของการศึกษาต่างๆ ทั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบความสัมพันธ์แบบผสม (Confound) ซึ่งให้นักเรียนบางคนได้ แบบประเมินบางชุด ที่ได้รับการประเมินด้วยจำนวนครั้งที่เท่ากัน และทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient) ทั้ง 2 ประเภท คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสมบูรณ์ (Absolute – Coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (Relative – Coefficient)

5. วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ

ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้หาคุณภาพเครื่องมือของแบบประเมินความคิดรวบยอด ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัย ซึ่งผู้วิจัยได้การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือทั้งในรายฉบับและรายข้อดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 คุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับ

5.1.1 ค่าความเชื่อมั่น

เนื่องจากในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของค่าความเชื่อมั่น ที่มาจากสองทฤษฎีการวัด คือ ในทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม และทฤษฎีการวัดการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดที่ขยายแนวความคิดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ซึ่งในทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ผู้วิจัยได้ตรวจสอบค่าคุณภาพความเชื่อมั่น ดังนี้

1) ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

ครอนบาคได้พัฒนาสูตรหาความเชื่อมั่นในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา ซึ่งสามารถนำมาทดสอบประยุกต์ใช้กับแบบทดสอบอัตนัย ที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนมากกว่า 0,1 คะแนน (ลวินสายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 200)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

N แทน จำนวนข้อที่ต้องการวัด

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนรายข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบวัดทั้งฉบับ

ในทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ค่าความเชื่อมั่นที่ได้จะอยู่ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ซึ่งสูตรที่ใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2) ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจเชิงสมบูรณ์ (Absolute-coefficient) คำนวณได้จากสูตรชเวลสันและเว็บ (Shavelson; & Webb 1991: 93)

$$\rho_{Abs}^2 = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_{Abs}^2}$$

เมื่อ ρ_{Abs}^2 แทน ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจเชิงสมบูรณ์

σ_p^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ

σ_{Abs}^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์

โดยที่ σ_{Abs}^2 ขึ้นอยู่กับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนที่ได้จากกรณีการออกแบบการวัด ในที่นี้ผู้วิจัยได้ใช้กรณีการออกแบบการวัดแบบที่ประกอบด้วย (O : F) x P

ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์

$$\sigma_{Abs}^2 = \frac{\sigma_p^2}{n'_p} + \frac{\sigma_{fp}^2}{n'_p} + \frac{\sigma_{o,fo}^2}{n_o} + \frac{\sigma_{po,pof,e}^2}{n_p n_o}$$

3) ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (Relative coefficient) คำนวณได้จากสูตร ชเวลสันและเว็บ (Shavelson; & Webb 1991: 93) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Edu - G

$$\rho_{Rel}^2 = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_{Rel}^2}$$

เมื่อ ρ_{Rel}^2 แทน สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์

σ_p^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ

σ_{Rel}^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์

$$\sigma_{\text{Rel}}^2 = \frac{\sigma_{pf}^2}{n_p} + \frac{\sigma_{o,fo}^2}{n_o} + \frac{\sigma_{po,pof,e}^2}{n_p n_o}$$

5.2 คุณภาพเครื่องมือแบบรายข้อ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบบรายข้อทั้งค่าความเที่ยงตรง ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย โดยขอนำเสนอรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2.1 ค่าความเที่ยงตรง

เนื่องจากในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ เรื่องงานและพลังงานในรายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหา ผู้วิจัยจึงได้ทำการตรวจสอบคุณภาพผ่านการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบมีดังต่อไปนี้

1) ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์แบบ
พหุมิติ

ในการประเมินดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์แบบพหุมิติของครอกเกอร์ และอัลไจนา (Crocker; & Algina. 1986: 221) ที่ได้แนะนำไว้ในหนังสือที่ชื่อ Introduction to Classical and Modern Test Theory ซึ่งเป็นสูตรที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับกรณีที่มีวัตถุประสงค์หลายด้าน เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตัดสินใจเลือกข้อความหรือข้อคำถาม ที่มีความเกี่ยวข้องกับด้านของวัตถุประสงค์ที่เหมาะสมมากที่สุด ซึ่งรายละเอียดของสูตรที่ใช้ปรากฏดังข้างล่าง

$$I_{ik} = \frac{N}{2N-2} (\mu_k - \mu)$$

โดยสัญลักษณ์ที่ใช้สื่อความหมาย ประกอบด้วย

I_{ik}	แทน	ดัชนีความสอดคล้องต่อวัตถุประสงค์ของข้อคำถามที่ i ต่อด้านวัตถุประสงค์ที่ k
N	แทน	จำนวนของผู้สังเกต
μ_k	แทน	ค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักที่ผู้ตัดสินให้คะแนนข้อคำถามที่ i ต่อด้านวัตถุประสงค์ที่ k

μ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักที่ผู้ตัดสินให้คะแนนข้อคำถามที่ 1 ต่อวัตถุประสงค์ทุกด้าน

5.2.2 ค่าความยาก (Difficulty index) ของแบบทดสอบอัตนัยจะต้องแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ โดยใช้เทคนิค 25% ของนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด แล้ววิเคราะห์โดยคำนวณจากสูตรของวิทย์นีย์และซาเบอร์ (สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. 2530: 179; อ้างอิงจาก Whitney; & Saber. 1970: 214 - 215)

$$P_D = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

P_D	แทน	ค่าดัชนีค่าความยาก
S_U	แทน	ผลรวมคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

5.2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discriminant index) ของแบบทดสอบชนิดอัตนัย ใช้การแบ่งกลุ่มผู้ตอบ กลุ่มสูงกลุ่มต่ำ เทคนิค 25 % ตามสูตรของวิทย์นีย์และซาเบอร์ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 201; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970: 214-215)

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
S_U	แทน	ผลรวมคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ที่มีลักษณะการเขียนคำตอบตามแบบทดสอบอัตนัย ซึ่งวิธีการหาคุณภาพที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย คุณภาพด้านความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายในของของค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา

ของครอนบาค และคุณภาพความเชื่อมั่นของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง และความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา และมีการหาคุณภาพรายข้อ ทั้งค่าความยากง่าย โดยใช้สูตรดัชนีของค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกตามแบบทดสอบอัตนัย

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัย จากเอกสารต่างๆ มีงานที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอด แผนผังมโนทัศน์ การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวกับความคิดรวบยอดและผังมโนทัศน์

ทตมณี ชูขวัญ (2548: 110-117) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพการประเมินความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีการตรวจให้คะแนนต่างกัน ตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบโนวีก และเกณฑ์การให้คะแนนแบบบอลท์ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของการประเมินเมื่อตรวจด้วยวิธีที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากค่าความเที่ยงตรงตามสภาพความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ ความเชื่อมั่นที่แทนด้วยสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและเพื่อวิเคราะห์จำนวนผู้ประเมินและจำนวนแผนผังมโนทัศน์ที่เหมาะสม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสุนทรวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครราชสีมาเขต 1 จำนวน 220 คน และกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ประเมินที่ตรวจให้คะแนน แผนผังมโนทัศน์ด้วยวิธีของโนวีกและโกวิน และวิธีของบอลท์ ที่เป็นครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 รวม 4 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ และแบบทดสอบประเภทเลือกตอบ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามสภาพโดยมีการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์(r) นำมาแปลงเป็นคะแนนของพิชเชอร์ซี โดยใช้สูตรของกลาส (Glass) โดยมีการเปรียบเทียบค่าความเป็นอิสระของค่าความเที่ยงตรงตามสภาพในภาพรวม โดยใช้สถิติทดสอบไครสแควร์ และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยแมทริกซ์พหุลักษณะพหุวิธี โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows วิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบด้วยโปรแกรม MULTILOG และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงด้วยโปรแกรม GENOVA โดยมีรูปแบบเป็นกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้สองฟาเซท คือ ฟาเซทของ จำนวนข้อคำถามกับฟาเซทของผู้ตรวจให้คะแนน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนของโนวีกและโกวินในคุณภาพทั้ง 4 ด้าน ซึ่งแต่ละด้าน คือ ประพจน์ การจัดลำดับขั้นตอน การเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ และตัวอย่าง ซึ่งมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนของบอลท์ พิจารณาจากแผนผังมโนทัศน์ในด้านการจัดแผนผังมโนทัศน์ 6 คะแนน และความถูกต้อง 4 คะแนน การเปรียบเทียบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของคะแนนการประเมินแผนผังมโนทัศน์ เมื่อตรวจให้คะแนนด้วยวิธีของโนวีกและโกวินมีค่าสูงกว่าการตรวจให้คะแนนด้วยวิธีของบอลล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อตรวจแผนผังมโนทัศน์ที่ให้คะแนนด้วยวิธีของโนวีกและโกวิน และการตรวจให้คะแนนด้วยวิธีของบอลท์ มีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างทั้งสองวิธี ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ

และแบบทดสอบของวิธีการให้คะแนนของโนแวกและโกวินมีค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ และแบบทดสอบโดยเฉลี่ยสูงกว่าวิธีการให้คะแนนของบอลล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของคะแนนที่ได้จากการประเมินแผนผังมโนทัศน์ โดยวิธีการตรวจให้คะแนนตามวิธีของโนแวกและโกวินมีค่าสูงกว่าการตรวจให้คะแนนด้วยวิธีของบอลล์ ในด้านจำนวนผู้ประเมินและจำนวนแผนผังที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมเมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิงเพื่อการนำไปใช้อ้างอิง เกณฑ์เท่ากับ 0.8 พบว่าวิธีการให้คะแนนของโนแวกและโกวินต้องให้ผู้ประเมินจำนวน 2 คน และจำนวนแผนผังมโนทัศน์จำนวน 8 ผัง หรือผู้ประเมิน 1 คน แผนผังมโนทัศน์ 12 แผนผัง และวิธีการให้คะแนนของบอลล์ต้องใช้ผู้ประเมิน 4 คน และจำนวนแผนผังมโนทัศน์ 12 แผนผัง หรือผู้ประเมิน 3 คน แผนผังมโนทัศน์ 16 แผนผัง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติว่าจะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอน

ประถมพร โคตา (2554: 94-104) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนมิติ เป็นงานวิจัยเชิงทดลองที่ได้ทดลองในกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพุทธโสธร จังหวัดฉะเชิงเทราจำนวน 2 ห้องเรียนที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ห้องเรียนละ 40 คน จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 80 คน โดยนำมาสุ่มจับฉลากเพื่อกำหนดกลุ่มทดลองที่ได้รับ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และชุดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มการเขียนผังมโนมิติ เครื่องมือที่ใช้เป็นชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนมิติ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ลักษณะเลือกคำตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีความเชื่อมั่น 0.86 ค่าความยากง่าย 0.22 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) 0.26 - 0.59 โดยที่แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 ค่าความยากง่าย 0.20 - 0.78 ค่าอำนาจจำแนก 0.26 - 0.81 การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรม ใช้ t-test for Dependence samples และเปรียบเทียบผลการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 โดยใช้ t-test Independence Samples ในรูปคะแนนผลต่างใช้แบบแผนการวิจัยแบบ Randomized Control Group Pretest - Posttest Design ผลที่ได้คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนมิติมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนมิติมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เสาวนีย์ มาตรา (2554: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการใช้แผนผังมโนทัศน์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องคู่อันดับและกราฟภายใต้รูปแบบการสอนแบบ 3 ขั้นของ Underhill และมีการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนกับผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อพัฒนา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยต้องการให้ผู้เรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยเฉลี่ยตั้งแต่ 70 ขึ้นไป ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 25 จำนวน 47 คน โดยอาศัยแผนการเรียนรู้จำนวน 10 แผนในการทดลอง และอาศัยแบบสังเกตพฤติกรรม ใบกิจกรรม แบบฝึกทักษะและวิดีโอ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนในการประเมินประสิทธิภาพ ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่า นักเรียนสามารถเขียนแผนผังมโนทัศน์เรื่องคู่อันดับและกราฟได้ ถูกต้องมีความสมบูรณ์ของเนื้อหา มีการเชื่อมโยงคิดเป็นร้อยละ 77.78 และมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

ยุษฎี ภูขวัญเมือง (2549: บทคัดย่อ) ศึกษาการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตัวแปรอิสระ คือ การสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์ ตัวแปรตาม คือ 1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3. เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ผังมโนทัศน์หน่วยการเรียนรู้ บรรยายภาคของเรา 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบสลับฟอร์ม มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 40 ข้อ แบบทดสอบก่อนเรียนมีความยากเฉลี่ย 0.63 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.69 และแบบทดสอบหลังเรียน มีค่าความยากเฉลี่ย 0.71 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.65 แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.86 ซึ่งตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้ Mauchly's test of sphericity พบว่าตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งในช่วงของการวัดก่อนเรียนและการวัดหลังเรียนโดยใช้ผังมโนทัศน์ ทำการตรวจสอบความแตกต่างของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุตัวแปรแบบวัดซ้ำ พบความแตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและทดสอบหลังเรียนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ นักเรียนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนแตกต่างกับคะแนนสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีแนวโน้มว่าคะแนนสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากคะแนนสอบก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 68.94 ของคะแนนก่อนเรียน นักเรียนมีคะแนน เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีแนวโน้มว่าคะแนนสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากคะแนนสอบก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 10.20 ของคะแนนก่อนเรียน 2. นักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 โดยมีแนวโน้มว่าคะแนนสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากคะแนนสอบก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 21.92 ของคะแนนก่อนเรียน

วิยะดา ระวังสุข (2545: 81 - 90) ได้ทำการประเมินความคิดรวบยอดผังมโนทัศน์วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ โดยศึกษาคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งแบบเติมคำลงในแผนผังมโนทัศน์ รวมทั้งเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของคะแนนแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในแบบสร้างผังจากคำ เมื่อตรวจให้คะแนนต่างกัน อีกทั้งยังศึกษาความเที่ยงตรงตามสภาพโดยพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างผลการประเมินโดยใช้แผนผังมโนทัศน์กับผลการวินิจฉัยนักเรียนเป็นรายบุคคลโดยใช้ครูผู้สอน สุดท้ายศึกษาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้ในการประเมิน ในกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดลำนาว จังหวัดนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2545 จำนวน 38 คน ที่มีเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 สาระ คือ สาระที่ 1 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในโลก และสาระที่ 2 คือโลกและอวกาศ โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ทั้ง 2 แบบ คือ เทคนิคแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในผัง (fill-in-the-map) และเทคนิคแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากคำ โดยใช้แบบแผนการวิเคราะห์ $P \times I \times R$ โดยมีองค์ประกอบคือนักเรียน (P) จำนวนของแผนผังมโนทัศน์ (I) และผู้ประเมิน(R) โดยทำการตรวจให้คะแนน 3 รูปแบบ โดยรูปแบบการตรวจให้คะแนนของเทคนิคแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในผัง (fill-in-the-map) มีการตรวจให้คะแนน แบบ 0 และ 1 เทคนิคแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากคำมีการตรวจให้คะแนน 3 ประเภทคือ 1 Preposition accuracy score คือคะแนนรวมของการเชื่อมคำมโนทัศน์ได้ถูกต้องในแผนผังของนักเรียน 2. Convergence score คือ สัดส่วนของการเชื่อมคำมโนทัศน์ได้ถูกต้องในแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนกับคะแนนทั้งหมดในแผนผังเกณฑ์ และ3.Salience score คือ สัดส่วนของการเชื่อมคำมโนทัศน์ได้ถูกต้องในแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนกับจำนวนการเชื่อมคำมโนทัศน์ทั้งหมดในแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน มีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป GENOVA ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในสาระที่ 1 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในโลกคือ มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .46 และสาระที่ 2 ดาราศาสตร์และอวกาศมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.75 ในส่วนรูปแบบการให้คะแนน ทั้ง 3 แบบ พบว่าการตรวจให้คะแนนแบบ Convergence score มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่สูงที่สุด ในด้านความเที่ยงตรงตามสภาพของผลที่ได้จากแผนผังมโนทัศน์กับผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยครูผู้สอน พบว่า แผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังจากคำมีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.72 – 0.92 ส่วนแผนผังมโนทัศน์แบบเติมคำลงในผังมีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.40 - 0.68

วนิดา ภูเอี่ยม (2550: 115-121) ได้เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเมินนิยมกับแบบสองระดับ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็นกลุ่ม 2 กลุ่ม คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2550 จำนวน 686 คน และครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 8 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสอบเชิงสำรวจเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบ (survey test) ซึ่งแบบ

สอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ แบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยมและแบบสอบวินิจัยสองระดับ วัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แบบสอบวินิจัยโดยใช้วิธีการคิดออกเสียง (thinking aloud) ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ ส่วนที่ 4 เครื่องมือสำรวจความคิดเห็นในการนำแบบสอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับไปใช้ในการวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าสถิติพื้นฐาน ตรวจสอบคุณภาพทางความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความเที่ยงตรงเชิงวินิจัย ความเที่ยงตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์ ด้านความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายใน ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป GENOVA และวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า แบบสอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 มวลเนื้อหา มวลเนื้อหาละ 4 ข้อ เป็นตัวแทนของแผนผังมโนทัศน์การคิดวิชาคณิตศาสตร์เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็ม คุณภาพของแบบสอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์รายข้อแบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับมีค่าอำนาจจำแนกที่ดี มีความคงที่ในการวัดสูง ในขณะที่ ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ด้วยวิธีการคิดออกเสียง พบว่าแบบสอบวินิจัยแบบสองระดับมีค่าความเที่ยงตรงอยู่ในระดับสูงกว่าแบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยม และยังสามารถระบุรายละเอียดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ดีกว่าแบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยม เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงรายฉบับพบว่าแบบสอบวินิจัยแบบประเพณีนิยมมีค่าความคงที่ในการวัดสูงกว่าและมีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบสอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมต่ำกว่าแบบสองระดับทุกมวลเนื้อหา สรุปว่าแบบสอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมมีความคงที่ใกล้เคียงคะแนนจริงมากกว่าคะแนนที่สังเกตได้ของแบบสอบวัดวินิจัยสองระดับ

6.2 งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวกับความคิดรวบยอดและผังมโนทัศน์

อัสซัน (Asan. 2007: 186-195) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้แผนผังมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในนักเรียนเกรด 5 เพื่อตรวจสอบผลที่ได้จากการดำเนินการผสานเอาแผนผังมโนทัศน์เข้าร่วมกับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ห้าในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ ใช้กลุ่มตัวอย่าง นักเรียน 23 คน ที่ Ata โรงเรียนประถมศึกษา เมืองแทรมซอน ประเทศตุรกี โดยให้นักเรียนได้รับการทดสอบจากแบบทดสอบที่ครูที่สร้างขึ้นก่อนเรียน เป็นคำถามแบบปรนัย 20 ข้อ นักเรียนในกลุ่มทดลองและการควบคุมมีโอกาสได้รับเทคนิคการสอนที่ครอบคลุมหน่วยเดียวกันในเรื่อง ความร้อนและอุณหภูมิ มีการสอบก่อนเรียน ก่อนการทดลองจะเริ่ม หลังจากบทเรียนเริ่มต้น อย่างไรก็ตามหลังจากที่ก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมได้รับรูปแบบการเรียนที่ใช้รูปแบบ การพูด ทบทวนแบบดั้งเดิมและกลุ่มทดลองได้รับการสัมผัสกับการทบทวนโดยใช้แรงบันดาลใจจากการสอนโดยใช้แผนที่ทางความคิดผ่านทางคอมพิวเตอร์ การออกแบบการทดลองเป็นแบบกลุ่มควบคุมที่ไม่เท่าเทียมกัน non equivalent control group เครื่องมือการทดลอง คือ แผนที่ความคิด หลังจากได้ดำเนินการรับรูปแบบการสอนที่ต่างกัน แล้วนักเรียนทั้งสองกลุ่มได้สอบหลังเรียน คะแนนที่ได้วิเคราะห์

ทางสถิติสำหรับทดสอบในรูปคะแนน t - test ที่มีผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคะแนนการทดสอบ ผลจากการศึกษาในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่าการทำแผนที่แนวคิดมีผลกระทบที่เห็นได้ชัดชัดเจนต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์และทัศนคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

หยิน และชเวลสัน (Yin; & Shavelson. 2008: 273-279) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงต่อการประเมินแผนผังมโนทัศน์เพื่อศึกษาความคิดรวบยอด ที่ทดลองในกลุ่มนักเรียนเกรด 8 จำนวน 92 คน จากพื้นที่รอบอ่าวแคลิฟอร์เนีย ในเนื้อหาที่เกี่ยวกับความหนาแน่นมวล วัตถุ โดยเลือกใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่มี 2 รูปแบบ คือรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ (construct -a- by creating linking phrases) หรือรูปแบบ c ที่มีการกำหนดกลุ่มคำ (concept term) ซึ่งจะให้นักเรียนออกแบบผังมโนทัศน์ ที่ต้องออกแบบเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคำที่กำหนดมาให้ และรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ (construct -a- by selecting linking phrases) หรือรูปแบบ s ซึ่งนักเรียนต้องเลือกเส้นที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคำที่กำหนดให้ จากรายการที่มีอยู่สามารถเลือกที่จะใช้ได้กี่ครั้งก็ได้เพื่อบรรยายความสัมพันธ์ของทั้ง 2 กลุ่ม โดยมีการใช้เกณฑ์ในการพิจารณา คือ ในบางคำที่มีทิศทางหัวลูกศรจะไม่มีผล เนื่องจากดูความสัมพันธ์ และเลือกใช้เงื่อนไข คำเชื่อมที่จำเป็น (mandatory preposition) แบ่งเป็น 4 ระดับ ตั้ง 0-3 คะแนน โดยออกแบบงานวิจัยเป็นแบบเทคนิคแผนผังมโนทัศน์แบบ 4×2 คือรูปแบบที่เป็นแบบ ลำดับของการใช้ แผนผัง x โอกาส (Map sequence x occasion) ที่มีการแบ่งนักเรียนออกเป็นทั้ง 4 กลุ่ม คือ 1.กลุ่มที่ได้รับรูปแบบที่เป็นแบบ CS ชั้นแรกใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ ในชั้นที่สองรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำจำนวน 22 คน 2. กลุ่มที่ได้รับรูปแบบ SC ชั้นแรกใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ ชั้นที่สอง ใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำจำนวน 23 คน 3. กลุ่มที่ได้รับ รูปแบบ CC ใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำทั้งสองครั้ง จำนวน 26 คนแบ่งออกได้ 4 กลุ่มที่ได้รับรูปแบบ SS ใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำทั้งสองครั้ง จำนวน 21คนมีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิง โดยแบ่งฟาเซตออกเป็น 3 ฟาเซต คือ 1. คำเชื่อมที่ใช้ 2. โอกาส(ลำดับคำตามรูปแบบงานที่ใช้) 3. รูปแบบของแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งในชั้นการศึกษา G study มีการศึกษา 2ช่วง การเปรียบเทียบรูปแบบ CS และ SC กับโครงสร้างที่เป็นแบบ C หรือแบบ S เพียงอย่างเดียว การวิเคราะห์แหล่งของความแปรปรวนของ การออกแบบฟาเซต นักเรียน x โอกาส x คำเชื่อม ($S \times O \times P$) ที่เป็นรูปแบบผสม รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ C (62.4%)มากกว่า รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ S (50.3%) เช่นเดียวกับความแปรปรวนของฟาเซต คำเชื่อม รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ S มากกว่า รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ S (5.1%) ซึ่งต่างจากฟาเซต นักเรียน x คำเชื่อม ($S \times P$) รูปแบบแผนผัง

มโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ S (25.3) มากกว่ารูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ C (16.2%) ซึ่งในรูปแบบของแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ S ดีกว่าแบบรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ C ทั้งในด้านความเชื่อมั่น ประสิทธิภาพ การประเมิน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของแผนผังมโนทัศน์ของทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ จะเห็นได้ว่า ในประเทศมีการใช้แผนผังมโนทัศน์ในรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ที่จัดขึ้นในชั้นเรียน ซึ่งในต่างประเทศจะมีงานที่ดำเนินการทดลองใช้แผนผังมโนทัศน์ในการประเมินผลการเรียนรู้ที่ค่อนข้างมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่ดำเนินการพัฒนารูปแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์

6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

น้ำผึ้ง อินทะเนตร (2554: 176-198) ได้ศึกษาคูณลักษณะของคะแนนแบบทดสอบปลายเปิดวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้โมเดลการสรุปอ้างอิงและโมเดลหลายองค์ประกอบของราล์ซ โดยออกแบบการทดลองที่กำหนดจำนวนของผู้ตรวจให้คะแนนแตกต่างกัน คือ 2 คน 3 คน และ 4 คน และเงื่อนไขของรูปแบบการตรวจให้คะแนนต่างกันสามลักษณะคือ รูปแบบที่ 1 ผู้ตรวจตรวจสอบทุกข้อของผู้สอบทุกคน รูปแบบที่ 2 ผู้ตรวจตรวจสอบทุกข้อของผู้สอบบางคน และรูปแบบที่ 3 ผู้ตรวจตรวจสอบข้อสอบบางข้อของผู้สอบทุกคน คุณลักษณะของคะแนนพิจารณาจากขนาดขององค์ประกอบความแปรปรวน ค่าความเชื่อมั่น และค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ โดยใช้แบบทดสอบปลายเปิดวิชาคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จำนวน 12 ข้อ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดน่าน ปีการศึกษา 2552 จำนวน 180 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า เมื่อวิเคราะห์ด้วยโมเดลการสรุปอ้างอิงพบว่า เมื่อใช้รูปแบบการตรวจให้คะแนนเดียวกัน ในทุกเงื่อนไขจำนวนผู้ตรวจ ความแปรปรวนขององค์ประกอบเดียวกันมีค่าใกล้เคียงกัน และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงในรูปแบบการตรวจที่ 2 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือรูปแบบการตรวจที่ 1 และรูปแบบการตรวจที่ 3 มีค่าต่ำสุด ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงในรูปแบบการตรวจที่ 1 มีค่าสูงขึ้น เมื่อจำนวนผู้ตรวจเพิ่มขึ้น คะแนนในทุกเงื่อนไขที่ต่างกันมีความเที่ยงตรงตามสภาพสูงและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยโมเดลหลายองค์ประกอบของราล์ซ พบว่า ในทุกเงื่อนไขจำนวนผู้ตรวจ และรูปแบบการตรวจให้คะแนน ความแปรปรวนของผู้สอบมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ความแปรปรวนของข้อสอบ และความแปรปรวนของผู้ตรวจมีค่าต่ำที่สุด และค่าความเชื่อมั่นแยกส่วนของผู้สอบของรูปแบบการตรวจที่ 1 มีค่าสูงสุดในทุกเงื่อนไขจำนวนผู้ตรวจ ค่าความเชื่อมั่นแยกส่วนของผู้สอบของรูปแบบการตรวจที่ 1

มีค่าสูงขึ้น เมื่อจำนวนผู้ตรวจเพิ่มขึ้น คะแนนความสามารถในทุกเงื่อนไขที่ต่างกัน มีความเที่ยงตรงตามสภาพสูงและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ดวงใจ สีเขียว (2549:247-244) ได้ประยุกต์การใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ที่มีการพัฒนาระบบการประเมินตามแนวความคิด 360 องศา มีการทดลองใช้ระบบการประเมิน และการตรวจสอบระบบการประเมิน ที่มีเงื่อนไขที่ศึกษา คือ แหล่งผู้ประเมินจำนวน 4 แหล่ง คือ แหล่งที่มาจากนิสิตหรือนักศึกษาที่เรียนในคณะศึกษาศาสตร์ในระดับปริญญาตรี ซึ่งผ่านหลักสูตรที่ให้นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูอย่างน้อย 1 ภาคการศึกษา แหล่งประเมินจากอาจารย์นิเทศก์จากสถาบันและจากโรงเรียนที่ดูแลการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของนิสิต นักศึกษา แหล่งจากเพื่อนที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในรายวิชาเดียวกัน โดยออกแบบสร้างแบบประเมินนิสิตและนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ในด้านการประเมินความก้าวหน้าและประเมินผลสรุปรวมจากการสอน ชุดคู่มือการใช้ แบบประเมินนิสิตและนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู โดยผลการศึกษาจากการสรุปอ้างอิงผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมีการออกแบบการสรุปรวม/สอบสอนของการประเมินนิสิต/นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีการออกแบบ 3 ฟาเซท $P \times O \times (R : S)$ เมื่อให้ R แทนผู้ประเมิน S คือ แหล่งผู้ประเมิน เมื่อทำการประเมินนิสิต/นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู จำนวน 43 คน โดยผู้ประเมิน 4 แหล่ง ซึ่งผู้ประเมินแหล่งละ 2 คน และประเมิน 4 ครั้ง พบว่า แหล่งของความแปรปรวนของจำนวนผู้ประเมินในแต่ละแหล่ง (R:S) เป็นแหล่งของความแปรปรวนที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมากที่สุด การสรุปอ้างอิงคะแนนผลการประเมินนิสิต/นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีการออกแบบ 3 ฟาเซท $P \times O \times (R : S)$ เมื่อทำการประเมินนิสิต/นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู จำนวน 63 คน โดยผู้ประเมิน 2 แหล่ง ซึ่งผู้ประเมินแหล่งละ 2 คน และประเมิน 2 ครั้ง พบว่า แหล่งของความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งในการประเมินกับจำนวนผู้ประเมิน (OR:S) แหล่งของความแปรปรวนที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมากที่สุด พบว่าผลการประเมินในแต่ละครั้งของผู้ประเมินในแต่ละแหล่ง และผลการประเมินมีความสอดคล้องกัน ดังนั้นจำนวนผู้ประเมิน จำนวนแหล่งที่แตกต่างกัน และจำนวนครั้งที่ประเมินที่แตกต่างกัน ให้ผลที่สอดคล้องกันเนื่องเมื่อขจัดความแปรปรวนของผู้ประเมินออกไป โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่สรุปอ้างอิงได้จากการออกแบบที่มีจำนวนผู้ประเมิน 4 แหล่ง ซึ่งผู้ประเมินแหล่งละ 2 คน และประเมิน 4 ครั้ง ให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงคะแนนผลการประเมินนิสิต/นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.7082 สูงกว่าจำนวนผู้ประเมิน 4 แหล่ง ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่ได้จากผู้ประเมินแหล่งละ 2 คน และประเมิน 4 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.61

อุษณีย์ บัวศิริพันธ์ (2540: 51-57) ได้ศึกษาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของการประเมินผลงานของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 จังหวัด จันทบุรี โดยศึกษาจากเงื่อนไขผู้ตรวจให้คะแนน วิธีการตรวจให้คะแนน และประสบการณ์ของผู้ตรวจให้คะแนน โดยออกแบบการวัดแบบไขว้ได้มรูป ซึ่งอาศัยการประเมินผลที่มี

วิธีการตรวจการให้คะแนนแบบประเมินรวมโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนของผู้ตรวจกับการให้คะแนนแบบประเมินรวมโดยใช้เกณฑ์ของรูปรีด ซึ่งมีจำนวนผู้ตรวจที่แตกต่างกันตั้งแต่ 3 – 6 คน และผู้ตรวจที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน คือมีประสบการณ์มากกว่า 5 ปี กับมีประสบการณ์ไม่เกิน 5 ปี พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนแตกต่างกัน เมื่อมีจำนวนผู้ตรวจเท่ากัน มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนเหมือนกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดจะเห็นได้ว่า แนวทางการศึกษาการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดมาจากการออกแบบแผนการทดลองให้มีความเหมาะสม ซึ่งโดยส่วนใหญ่ผู้วิจัยได้กำหนดกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เติมรูป โดยดำเนินการให้ผู้สอบทุกคนได้รับการจัดกระทำจากเงื่อนไขที่ศึกษา ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดกรณีการออกแบบการวัด โดยแบ่งเป็นสองขั้นตอน คือขั้นตอนการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน ที่ศึกษากรณีการออกแบบทั้งสองพาเซท ประกอบด้วย ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ (Format :F) และจำนวนครั้งในการวัด (Occasions :O) ซึ่งสามารถออกแบบกรณีแบบแบ่งบางส่วน มีสองรูปแบบ กรณีการออกแบบการวัดแบบ (O:F) x P การออกแบบการวัดแบบไขว้เติมรูป (P x O x F) เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงในระดับกลุ่มย่อย

จากการศึกษางานวิจัยและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอด แผนผังมโนทัศน์ และการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด จะเห็นได้ว่า ความคิดรวบยอดเป็นคุณลักษณะทางความคิดในส่วนสาระสำคัญและความเข้าใจในกระบวนการคิด ที่สามารถนำมาจัดกลุ่ม แบ่งชั้นเข้าใจด้วยกัน ที่มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ซึ่งประเภทของความคิดรวบยอดสามารถแบ่งได้หลายแนวทาง เช่นแบ่งตามหลักการทั่วไป คือ มีลักษณะร่วมกัน ความเป็นเหตุเป็นผล หรือลักษณะเลือก และแบ่งตามรูปแบบหลักเกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความสมบูรณ์ในการแสดงออกถึงความคิดรวบยอด ว่ามีความสมบูรณ์ครบถ้วน หรือบางส่วนมีส่วนที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ ในกระบวนการสร้างความคิดรวบยอดเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยทักษะทางการคิด ที่ต้องเริ่มจากการสังเกต การจำแนกความแตกต่าง การหาลักษณะร่วม การนำไปใช้ และ มีการจัดระบบความคิด โดยทำความเข้าใจกับตัวอย่าง เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจกระบวนการสร้างความคิดรวบยอด ผู้เรียนจึงสามารถตอบสนองการเรียนรู้ตามแบบความคิดรวบยอดได้ โดยผ่านการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบลเป็น ทฤษฎีการเรียนรู้หนึ่งที่เน้นการขยายองค์ความรู้ใหม่จากสิ่งเดิม ไม่ว่าจะเป็นการนำมาสัมพันธ์ นำมาปรับโครงสร้างความรู้ หรือใช้หลักกฎเกณฑ์ เพื่อให้ได้ความคิดรวบยอด ซึ่งรูปแบบในการถ่ายทอดความคิดรวบยอดที่สามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีของออสซูเบลได้นั้น คือ แผนผังมโนทัศน์ ที่มีลักษณะของมิติความสัมพันธ์ของระบบการคิดเชื่อมโยงที่มีการแสดงออกโดยใช้แผนภาพ เพื่อแสดงเรื่องราวความเชื่อมโยงระหว่างความคิดย่อยจากความคิดหลัก โดยองค์ประกอบ

แผนผังมโนทัศน์ มี 2 ส่วนหลัก คือ คำมโนทัศน์ เส้นที่เชื่อมระหว่างมโนทัศน์ใหม่ นอกจากนี้แผนผังมโนทัศน์อาจประกอบด้วยลำดับชั้น การเชื่อมโยงข้ามมโนทัศน์ขึ้นอยู่กับเนื้อหาของมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยต้องการออกแบบ การใช้แผนผังมโนทัศน์เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยในการประเมินช่วยในการเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มคำ โดยผลสนองของความรู้นี้ใหม่และองค์ความรู้เดิมที่มีอยู่ ซึ่งเป็นตัวแทนใช้ในการสื่อสารที่สามารถมองเห็นได้ที่เป็นการพัฒนาทางด้านระบบความคิด ซึ่งผู้วิจัยเห็นความสำคัญของการใช้แผนผังมโนทัศน์ อีกทั้งยังช่วยประเมินความเข้าใจที่ถูกต้องในเนื้อหา ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนจากงานวิจัยต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือเกณฑ์ที่มีลักษณะในการให้คะแนนตามระดับความเหมาะสมถูกต้องในตำแหน่งย่อยๆ กับเกณฑ์การตรวจให้คะแนนของผังมโนทัศน์ที่มีลักษณะในภาพรวมที่สามารถแสดงถึงคุณภาพของผังมโนทัศน์ และในรายวิชาทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นวิชาที่ต้องจัดระบบความคิดนั้น จำเป็นต้องอาศัยการประเมินด้วยแผนผังมโนทัศน์ เพื่อให้ได้ความเชื่อมั่นที่มีค่าที่เหมาะสมในการประเมินด้วยเงื่อนไขทางการวัดของลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ และการวัดซ้ำ จึงอาศัยทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของการวัด และกำหนดกรณีการออกแบบการวัดแบบแบบไขว้ได้มรูป และกรณีการออกแบบการวัด $(O:F) \times P$ ซึ่งการวิเคราะห์จะเป็นการบ่งบอกค่าความเชื่อมั่น อีกทั้งด้านค่าความเที่ยงตรงในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ค่าความเที่ยงเชิงเนื้อหาแบบพหุมิติ คือ ต้องการให้ผู้เชี่ยวชาญ ดูว่าข้อคำถามอยู่ด้านไหน ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดความชัดเจนของสถานการณ์ทดสอบมากยิ่งขึ้น และจากแนวความคิดของงานวิจัยของหยินและเชเวลสัน (Yin; & Shavelson. 2008: 273-291) ที่ได้สรุปว่าแบบประเมินโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่มีความแตกต่างกัน จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยได้นำไปตั้งเป็นสมมติฐานในการวิจัย รวมทั้งการศึกษาทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดที่ครอนบาค; และคณะ (Cronbach. et al. 1972: 22) ได้กล่าวถึง จำนวนครั้งในการวัดที่อาจมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละครั้งที่วัด ซึ่งเป็นแหล่งของค่าความแปรปรวนของการวัด ซึ่งส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเอาแนวคิดจากทฤษฎีดังกล่าวมาตั้งเป็นสมมติฐานการวิจัยอีกข้อหนึ่ง และจากงานวิจัยที่ใช้แผนผังมโนทัศน์ผู้วิจัยได้พบว่างานวิจัยบางส่วน พบว่าไม่ได้มุ่งเน้นการสร้างแบบประเมินที่มุ่งเน้นความคิดรวบยอด แต่มุ่งเน้นการฝึกกิจกรรมตามเนื้อหา แต่พบว่ามีบางงานวิจัยที่ได้มุ่งเน้นการสร้างแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยตรง ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาต่อเอาทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (G-theory) โดยพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์ ซึ่งใช้เงื่อนไขในการศึกษาในการออกแบบฟาเซท 2 ฟาเซท คือ ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ และการวัดซ้ำของการใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ที่มีความสมมูล ต่างสถานการณ์ จำนวน 2 รูปแบบ ทั้งหมด 8 ชุด และหาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง(G-coefficient) เพื่อศึกษาระดับความเชื่อมั่น (Reliability) ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมบูรณ์ (Absolute – Coefficient)

ของรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ และเพื่อเป็นแนวทางในสำหรับครู ในการนำเสนอสารสนเทศไปใช้ และศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพันธ์ในเป็นสารสนเทศในการตัดสินใจเลือกใช้คือ แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ และจำนวนครั้งในการวัดที่มีความเหมาะสมมากที่สุด



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและเพื่อตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมและแบบการเลือกคำเชื่อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รวมทั้งเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อมที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ และการวัดซ้ำที่แตกต่างกัน โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 16 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 6 โรงเรียน มีประชากรทั้งสิ้น 1,345 คน ทั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่ศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เนื่องจากโรงเรียนชั้นมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ มีความพร้อมในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1) ด้านการใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษา พุทธศักราช 2551
- 2) ด้านอัตรากำลังครูที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ คือ มีครูที่สอนสาขาวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทุกระดับชั้น
- 3) ครูผู้สอนที่ยินดีให้ความร่วมมือเต็มที่ในการประเมิน เนื่องจากครูเป็นผู้ดำเนินการสอน โดยนำแผนผังมโนทัศน์ไปประเมินในรายวิชาฟิสิกส์ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์การคัดเลือกครูที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. จบการศึกษาด้านการสอนวิชาฟิสิกส์มาโดยตรง
2. เป็นครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ไม่น้อยกว่า 3 ปี
3. ครูผู้สอนยินดีและเสียสละเวลาในคาบร่วมดำเนินการทดสอบเป็นครูผู้คุมสอบประเมินโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ในนักเรียน

จากเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้เป็นแนวทางการคัดเลือกประชากร ทำให้ได้ประชากรที่ใช้ในการวิจัยดังแสดงในตาราง 6 ดังนี้

ตาราง 6 ประชากรในการวิจัย จำแนกตามขนาดโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษในเขตจังหวัดสงขลา

ชื่อโรงเรียน	จำนวนห้อง	จำนวนนักเรียน (คน)
มหาวิทยาลัยราชภัฏ	9	374
หาดใหญ่รัฐประชาสรรค์	5	222
หาดใหญ่วิทยาลัย	9	408
หาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณกุลกัลยา	4	189
วรรณรีเฉลิม	5	102
หาดใหญ่วิทยาลัย 2	3	150
รวม	26	1,345

ที่มา: จากการสัมภาษณ์รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการของสถานศึกษาในแต่ละแห่ง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณกุลกัลยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 2 รวม 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 90 คน โดยได้รับการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องงานและพลังงานมาก่อน

ขั้นตอนในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นที่ 1 กำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวสอดคล้องกับขนาดโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเขต 16 ที่มีโรงเรียนเป็นกลุ่มประชากรทั้งหมดจำนวน 6 โรงเรียน จากนั้นทำการสุ่มแบบสองขั้นตอน มีขั้นตอนในการสุ่มคือ

1) สุ่มโรงเรียนตามขนาดโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ตั้งเกณฑ์ไว้เบื้องต้น โดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายได้โรงเรียน 1 โรงเรียน คือ โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา

2) สุ่มห้องเรียนจากโรงเรียนที่สุ่มได้ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการกำหนดขนาดตัวอย่าง

ขั้นที่ 2 กำหนดขนาดตัวอย่าง (Sample size) เพื่อรับส่งทดลองตามเงื่อนไขต่างๆที่นักวิจัยจัดกระทำขึ้น ควรมีจำนวนสอดคล้องกับขนาดอิทธิพลของสิ่งทดลอง ที่สามารถตรวจพบได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและทางปฏิบัติ (องอาจ นัยวัฒน์. 2551: 139) ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยการเปิดตารางคำนวณสำหรับรูปแบบแผนการทดลองการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measure ANOVA) ที่มีค่าอำนาจการทดสอบ 0.80 ที่มีขนาดอิทธิพลระดับกลาง ($d = 0.50$) และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ ($r = 0.40$) เนื่องจากในงานวิจัยในครั้งนี้ใช้การทดลองแบบทดลองการจัดกระทำจำนวน 2 รูปแบบ พบว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวนขั้นต่ำ 57 คน (Murphy; & Myers. 2004: 78) แต่เนื่องในการจัดสภาพห้องเรียนตามโรงเรียนมีการจัดห้องละ 40 คน และการกำหนดขนาดตัวอย่างในการวิเคราะห์แบบทดลองในขั้นต่ำจำนวน อย่างน้อยกลุ่มละ 20 คน (นงลักษณ์ วิรัชชัย และสุวิมล ว่องวาณิช. 2543: 35) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสุ่มห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์มาร้อยละ 40 ของจำนวนห้องเรียน ในโรงเรียนที่มีการสุ่มได้ในขั้นที่ 1 มีห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม โดยสุ่มอย่างง่าย ได้จำนวนห้องเรียน 2 ห้องเรียน ซึ่งมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 94 คนที่จำนวนนักเรียนมากกว่าจำนวนนักเรียนขั้นต่ำ โดยมีนักเรียนห้องเรียน ม. 4/1 จำนวน 44 คน และนักเรียนห้องเรียน ม. 4/4 จำนวน 50 คน เป็นไปตามภาพประกอบ 19

ขั้นที่ 3 การจัดกลุ่มผู้ถูกทดลองตามเงื่อนไขที่ศึกษา โดยสุ่มห้องเพื่อรับแบบประเมินความคิดเห็นโดยวิชาวินิจฉัยโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ที่มีกรณีของเงื่อนไขที่ศึกษาต่างกัน 2 กรณี ดังนี้

1) กรณีการออกแบบการวัดจำนวนครั้งในการวัดแฝงในลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์หรือกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน (Partially Nested Design (O:F) x P) ซึ่งจัดกระทำทดลองในนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษา 4/1 ซึ่งมีจำนวนนักเรียน 44 คน ที่สามารถจำแนกตามกลุ่มที่แบ่งจำนวนนักเรียน 22 คนต่อกลุ่ม รวมทั้งหมด 2 กลุ่ม ได้ดังนี้ คือ

1.1) กลุ่มนักเรียนได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม

1.2) กลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมเป็นเงื่อนไข

2) กรณีการออกแบบการวัดจำนวนครั้งในการวัดกับนักเรียนที่มีความสัมพันธ์แบบไขว้ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ (Crossed design) ($P \times O \times F$) ซึ่งจัดกระทำทดลองในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา 4/4 จำนวน 50 คน สามารถแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มละ 25 คน โดยในแต่ละกลุ่ม ได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมเพียงอย่างเดียวทั้งสองครั้งในการวัด และกลุ่มนักเรียนที่ได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมทั้งสองครั้งในการวัดเช่นเดียวกัน โดยในการประเมินภายในกลุ่ม แต่ละกลุ่มจะได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดรายวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีความสมมูล

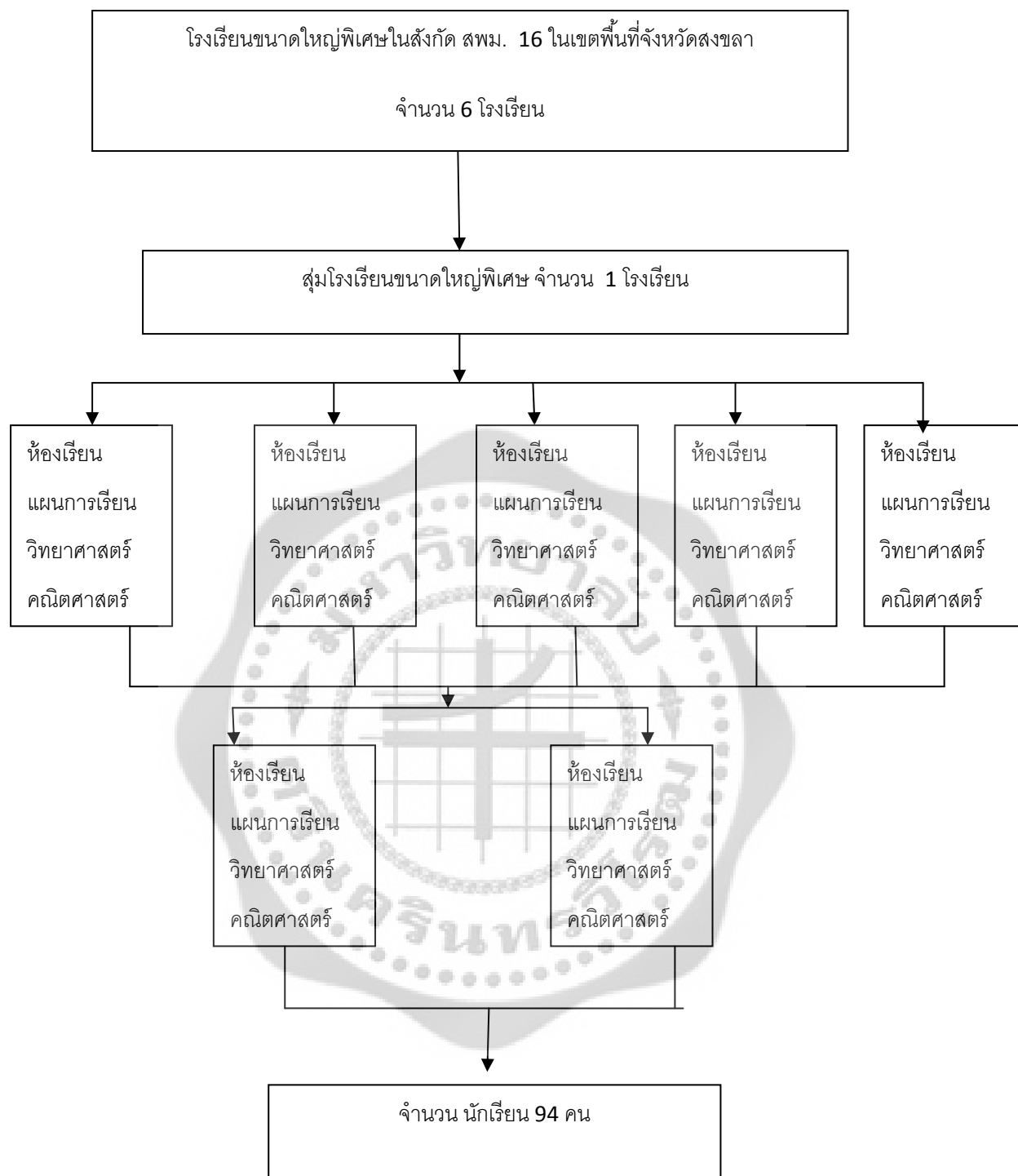
จำนวนของกลุ่มผู้ทดลองตามเงื่อนไขที่ศึกษา ได้มาจากการสุ่มสองขั้นตอน ด้วยการหยิบฉลากตามรหัสของผู้เรียน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยต้องการทดสอบนักเรียน 4 กลุ่ม ซึ่งในการประเมินในแต่ละครั้งจะเป็นการทดสอบนักเรียนในเวลาเดียวกันทั้งสองกลุ่ม และทำการทดสอบติดต่อกันสองครั้ง และด้วยข้อจำกัดทางด้านเวลา ที่ผู้วิจัยเว้นระยะห่างของการประเมินเป็นเวลา 3 วัน ผู้วิจัยจึงดำเนินการสร้างเครื่องมือ จำนวน 8 ชุดที่มีความสมมูลกันทั้งด้านเนื้อหาและสถิติ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย ดังรายละเอียดดังนี้

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม จำนวน 4 ชุด ที่มีคุณสมบัติความสมมูล

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมจำนวน 4 ชุด ที่มีคุณสมบัติความสมมูล



ภาพประกอบ 19 แบบแผนในการสุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ดังที่แสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ขั้นตอนสร้างแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อม

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้ แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม(C) แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S)

1. ศึกษาแนวคิดการสร้างแผนผังมโนทัศน์และรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาตามแนวความคิดของ โจเซฟ ดี โนวาค (Novak. 1990) หยิน (Yin; & Shavelson. 2008: 273 - 291)	1. ศึกษาแนวคิดการสร้างแผนผังมโนทัศน์และรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาตามแนวความคิดของ โจเซฟ ดี โนวาค (Novak. 1990) หยิน (Yin; & Shavelson. 2008: 273-291)
2. ศึกษาผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 2 เรื่อง งานและพลังงาน ผลการเรียนรู้ : อธิบายงานและวิเคราะห์งานของแรงต่างๆ	2. ศึกษาผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 2 เรื่อง งานและพลังงาน ผลการเรียนรู้: อธิบายงานและวิเคราะห์งานของแรงต่างๆ

สาระการเรียนรู้: เมื่อมีแรงมากกระทำต่อวัตถุและการกระทำอยู่ในแนวเดียวกันกับเกิดงานของแรงนั้น งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาจากผลคูณของแรงนั้น งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาจากผลคูณของแรงกับการกระทำในแนวของแรง และอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับการกระทำ งานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า กำลัง

สาระการเรียนรู้: เมื่อมีแรงมากกระทำต่อวัตถุและการกระทำอยู่ในแนวเดียวกันกับเกิดงานของแรงนั้น งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาจากผลคูณของ แรงนั้น งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาจากผลคูณของแรงกับการกระทำในแนวของแรง และอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับการกระทำ งานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า กำลัง

ตาราง 7 (ต่อ)

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม(C)	แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S)
สาระการเรียนรู้: อธิบายพลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์และความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน	สาระการเรียนรู้: อธิบายพลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์และความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน
ผลการเรียนรู้ : พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน พลังงานจลน์เป็นพลังงานที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ พลังงานศักย์เป็นพลังงานของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างอันเป็นผลเนื่องมาจากแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น เช่น พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น งานพลังงานมีความสัมพันธ์กันโดยงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป	ผลการเรียนรู้: พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน พลังงานจลน์เป็นพลังงานที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ พลังงานศักย์เป็นพลังงานของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างอันเป็นผลเนื่องมาจากแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น เช่น พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น งานพลังงานมีความสัมพันธ์กันโดยงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป
3. เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการของฟาเซทหรือเงื่อนไขที่ศึกษาและแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์โดยผู้วิจัยใช้เนื้อหางานและพลังงานในวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 2	3. เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการของฟาเซทหรือเงื่อนไขที่ศึกษาและแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์โดยผู้วิจัยใช้เนื้อหางานและพลังงานในวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 2
4. การคัดเลือกผังมโนทัศน์และพัฒนาผังเกณฑ์	4. การคัดเลือกผังมโนทัศน์และพัฒนาผังเกณฑ์
4.1 คัดเลือกมโนทัศน์ ผู้วิจัยสำรวจและรวบรวมมโนทัศน์ที่สำคัญหรือมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์ย่อยในเนื้อหาในเรื่องงานและพลังงานในคู่มือครู หนังสือเรียน หนังสือฟิสิกส์ทั่วไป โดยมโนทัศน์ที่คัดเลือกจะเป็นเนื้อหาที่ใช้สอนในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้ทรงคุณวุฒิอีกครั้งหนึ่ง จำนวน 22 คำ	4.1 คัดเลือกมโนทัศน์ ผู้วิจัยสำรวจและรวบรวมมโนทัศน์ที่สำคัญหรือมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์ย่อยในเนื้อหาในเรื่องงานและพลังงานที่ในคู่มือครู หนังสือเรียน หนังสือฟิสิกส์ทั่วไป โดยมโนทัศน์ที่คัดเลือกจะเป็นเนื้อหาที่ใช้สอนในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และผ่านการคัดเลือกจากผู้ทรงคุณวุฒิอีกครั้งหนึ่ง จำนวน 22 คำ

ตาราง 7 (ต่อ)

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้ แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C)	แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้ แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S)
4.2 จัดลำดับมโนทัศน์ นำคำมโนทัศน์หลักหรือมโนทัศน์รองมาเขียนไว้ในแต่ละเรื่อง ดูความสัมพันธ์ สร้างแผนผังของแบบประเมินในแต่ละชุด การจัดลำดับของคำมโนทัศน์ทำได้โดยเลือกใช้คำมโนทัศน์หลักของแต่ละเรื่องวางไว้บนสุด แล้วจัดจัตคำมโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อยเรียงลดหลั่นกันตามความเหมาะสม โดยเลือกคำมโนทัศน์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันอยู่ระดับเดียวกัน	4.2 จัดลำดับมโนทัศน์ นำคำมโนทัศน์หลักหรือมโนทัศน์รองมา ที่เขียนไว้ในแต่ละเรื่อง ดูความสัมพันธ์ สร้างแผนผังของแบบประเมินในแต่ละชุด การจัดลำดับของคำมโนทัศน์ทำได้โดยเลือกใช้คำมโนทัศน์หลักของแต่ละเรื่องวางไว้บนสุด แล้วจัดจัตคำมโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อยเรียงลดหลั่นกันตามความเหมาะสม โดยเลือกคำมโนทัศน์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันอยู่ระดับเดียวกัน
4.3 ผู้วิจัยออกแบบสร้างคำที่เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์โดยลากลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างเส้นมโนทัศน์ เพื่อแสดงทิศทางความสัมพันธ์ พร้อมแสดงคำเชื่อม ไว้ในแต่ละเส้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ในแต่ละมโนทัศน์ ในประเด็นเนื้อหา ที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาฟิสิกส์ งานและพลังงาน ผู้วิจัยได้เลือกใช้คำมโนทัศน์จำนวน 22 คำที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูลการเอกสารหนังสือ ตำราเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โดยนำเอาความคิดหลักของแนวคิดงานและพลังงานมาปรับเป็นมโนทัศน์ในรูปแบบสถานการณ์	4.3 ผู้วิจัยออกแบบสร้างคำที่เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์โดยลากลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างเส้นมโนทัศน์ เพื่อแสดงทิศทางความสัมพันธ์ พร้อมแสดงคำเชื่อม ไว้ในแต่ละเส้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ในแต่ละมโนทัศน์ ในประเด็นเนื้อหา ที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาฟิสิกส์ งานและพลังงาน ผู้วิจัยได้เลือกใช้คำมโนทัศน์จำนวน 22 คำที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูลการเอกสาร หนังสือ ตำราเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โดยนำเอาความคิดหลักของแนวคิดงานและพลังงานมาปรับเป็นมโนทัศน์ในรูปแบบสถานการณ์

ตาราง 7 (ต่อ)

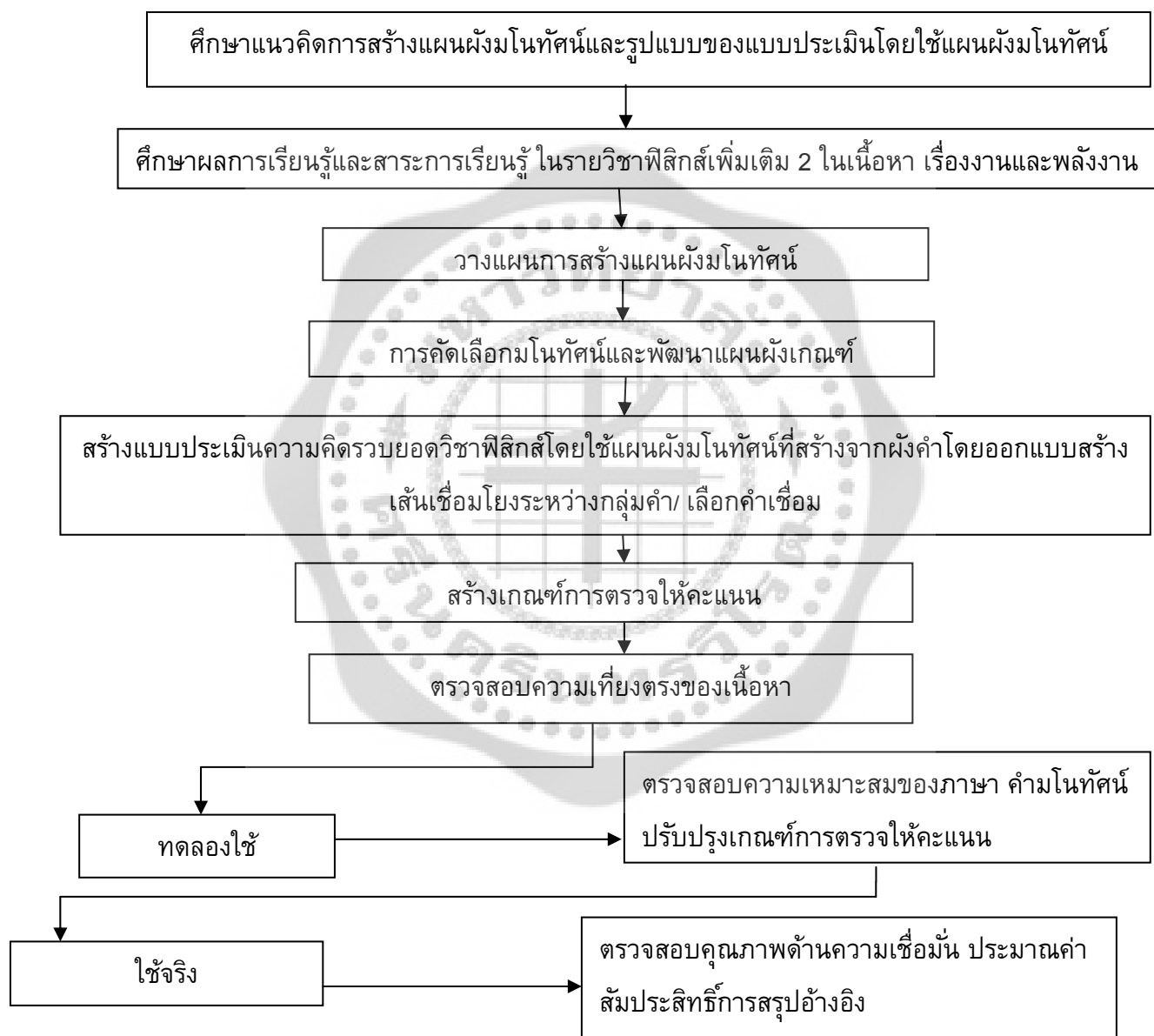
แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้ แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C)	แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้ แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S)
และงานเป็นศูนย์ มี 1 สถานการณ์ ส่วนมโนทัศน์ เจาะจงกำหนดให้มืองค์ประกอบที่เป็นส่วนที่แสดงถึง ความสัมพันธ์ของสูตร ฟิสิกส์ คือ งานเท่ากับแรงคูณ การกระจัด ดังนั้นกำหนดให้มืองค์ประกอบที่ขยายมโน ทัศน์ย่อย แต่ละชุดของสถานการณ์ทดสอบจะมี แรง และการกระจัด หรือระยะที่เคลื่อนที่ไปได้	สถานการณ์กับองค์ประกอบที่ผู้วิจัยสร้างจาก แรงกับระยะที่เคลื่อนที่ได้ ซึ่งลักษณะการสร้าง เช่นเดียวกันทั้ง 4 ชุด
5. สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวมใน แผนผังมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ เกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์โดยประยุกต์ เกณฑ์การตรวจการให้คะแนนของหยินและชเวลสัน (Yin; & Shavelson. 2008: 281) มีลักษณะการตรวจ ให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์แบบสร้างผังคำสร้าง คำเชื่อม กำหนดเกณฑ์การตรวจการให้คะแนนแต่ละ ชุดจากเกณฑ์เดียวกัน โดยพิจารณาจากคุณภาพของ กลุ่มคำมโนทัศน์ที่เชื่อมโยงสัมพันธ์ที่ละคู่ โดยแบ่ง คะแนนออกเป็น 3 ระดับจาก 0 ถึง 1 คือ 1 คะแนน มีความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ และคำเชื่อมมี ตำแหน่งที่มีความเหมาะสมอย่างมีวิทยาศาสตร์อย่าง ชัดเจน คะแนน 0.5 มีความถูกต้องทาง วิทยาศาสตร์ และคำเชื่อมมีตำแหน่งที่มีความ เหมาะสมอย่างมีวิทยาศาสตร์ยังมีความคลุมเครือ คะแนน 0 ไม่มีความถูกต้อง ไม่มีความเกี่ยวข้องทาง วิทยาศาสตร์	5. สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบ ภาพรวมในแผนผังมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้ศึกษา เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การให้คะแนน แผนผังมโนทัศน์ โดยประยุกต์เกณฑ์การตรวจ การให้คะแนนของหยินและชเวลสัน (Yin; & Shavelson. 2008: 281) มีลักษณะการตรวจให้ คะแนนแผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม กำหนดเกณฑ์การตรวจการให้คะแนนแต่ละชุด จากเกณฑ์เดียวกัน โดยพิจารณาจากคุณภาพ ของกลุ่มคำมโนทัศน์ที่เชื่อมโยงสัมพันธ์ที่ละคู่ โดยแบ่งคะแนนออกเป็น 3 ระดับ จาก 0 ถึง 1 คือ 1 คะแนน มีความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ และคำเชื่อมมีตำแหน่งที่มีความเหมาะสมอย่าง มีวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน 0.5 คะแนน มี ความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ และ คำเชื่อมมีตำแหน่งที่มีความเหมาะสมอย่างมี วิทยาศาสตร์ยังมีความคลุมเครือ 0 คะแนน ไม่มี ความถูกต้อง

ตาราง 7 (ต่อ)

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C)	แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S)
ซึ่งการตรวจการให้คะแนนมีการใช้แผนผังเกณฑ์มาพิจารณาเป็นหลัก	ไม่มีความเกี่ยวข้องทางวิทยาศาสตร์ซึ่งการตรวจการให้คะแนนมีการใช้แผนผังเกณฑ์มาพิจารณาเป็นหลัก
6. นำแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินตรวจสอบความสอดคล้องกับเนื้อหา จำนวน 5 ท่าน คือ อาจารย์ อรทัย คงเหมือน อาจารย์ ลม้าย สิงห์โกมล ศึกษาานิเทศก์เชี่ยวชาญระดับ 9 อาจารย์ประกอบ มณีโรจน์ อาจารย์ดร. สนอง ทองปาน อาจารย์โอภาส สุขหวาน ตรวจประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในงานวิจัย	6. นำแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินตรวจสอบความสอดคล้องกับเนื้อหา จำนวน 5 ท่าน คือ อาจารย์ อรทัย คงเหมือน อาจารย์ ลม้าย สิงห์โกมล ศึกษาานิเทศก์เชี่ยวชาญระดับ 9 อาจารย์ประกอบ มณีโรจน์ อาจารย์ดร. สนอง ทองปาน อาจารย์โอภาส สุขหวาน ตรวจประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในงานวิจัย
7. นำแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมทั้ง 4 ชุด ที่ผ่านการแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ จำนวน 40 คน ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ มีค่าตั้งแต่ 0.96 ถึง 1.00 ค่าความยากง่าย มีค่าตั้งแต่ 0.40 ถึง 0.80 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.90	7. นำแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมทั้ง 4 ชุด ที่ผ่านการแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ จำนวน 40 คน ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ มีค่าตั้งแต่ 0.96 ถึง 1.00 ค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.30 ถึง 0.80 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.40 ถึง 0.90

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์
แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม/แบบการเลือกคำเชื่อม

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความคิดรวบยอด
วิชาฟิสิกส์ตามลำดับขั้นตอน ดังภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 การสร้างแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการ
สร้างผังคำและคำเชื่อม/แบบการเลือกคำเชื่อม

ลักษณะเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการ สร้างผังคำและคำเชื่อม

ตัวอย่างโจทย์และข้อคำถาม

โจทย์ (0) ให้นักเรียนพิจารณาคำมโนทัศน์ที่อยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยม แล้วนำไปตอบ
ในส่วนของคำตอบแต่ละข้อจนสมบูรณ์

งานเป็นบวก งานเป็นลบ งานเป็นศูนย์ งาน

ส่วนของคำตอบ

ข้อ (๐.๐๐) จากโจทย์นักเรียนคิดว่า คำมโนทัศน์ที่กำหนดให้ภายในกรอบ
สี่เหลี่ยมคำใดเป็น “มโนทัศน์หลัก” (1 คะแนน)

คำมโนทัศน์หลัก คือ

2. แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการ เลือกคำเชื่อม

ตัวอย่างโจทย์และข้อคำถาม

โจทย์ (00) ให้นักเรียนพิจารณาคำมโนทัศน์ที่อยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยม แล้วนำไป
ตอบในส่วนของคำตอบแต่ละข้อจนสมบูรณ์

คำมโนทัศน์

คำเชื่อม

งาน



งานเป็นบวก

แบ่งออกเป็น

ส่วนของคำตอบ

ข้อ (๐.๐๐) จากโจทย์นักเรียนคิดว่าคู่คำมโนทัศน์ที่กำหนดให้ภายในกรอบ
สี่เหลี่ยมคู่ใดเป็น “คู่คำมโนทัศน์หลัก” (3 คะแนน)

จำนวนคู่คำมโนทัศน์หลัก คือ.....

คู่คำมโนทัศน์หลัก คือ

จากตัวอย่างโจทย์และข้อคำถาม ที่เป็นส่วนหนึ่งของลักษณะเครื่องมือในการวิจัย เพื่อให้เกิดความสะดวกและความเข้าใจตรงกันของการตรวจให้คะแนน ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้ โดยขยายแนวคิดเกณฑ์การให้คะแนนจากแนวคิดของหยินและชเวิลสัน (Yin; & Shavelson. 2008: 281) ดังแสดงในตาราง 8 ดังต่อไปนี้

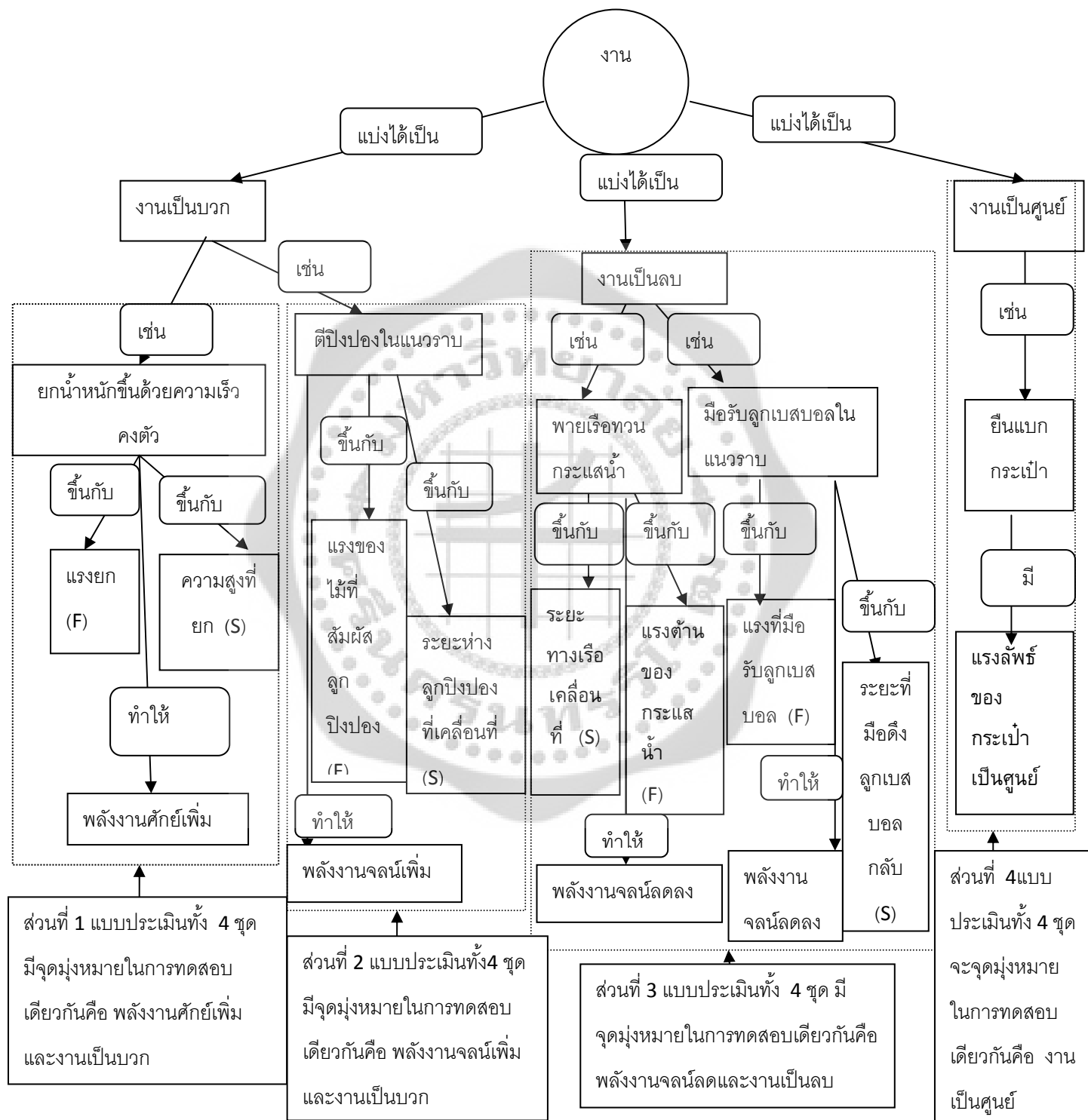
ตาราง 8 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อม

คะแนนแบบรายด้าน	ระดับ คะแนน	ประเด็นพิจารณา
การใช้คำเชื่อม	1	คำเชื่อมที่ใช้แสดงมีเหตุผลตามหลักวิทยาศาสตร์ ถูกต้องตามหลักการทางฟิสิกส์เบื้องต้น มีความเป็นไปได้
	0.5	คำเชื่อมที่ใช้มีความสัมพันธ์ ถูกต้องตามหลักการโดยทั่วไป แต่ยังไม่มีความหมายที่แสดงให้เห็นแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ลึกซึ้ง มีความเป็นไปได้บางส่วน
	0	คำที่ใช้เชื่อมไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ในทางวิทยาศาสตร์ และหลักการโดยทั่วไป ไม่มีความเป็นไปได้ระหว่างคู่ของคำ
การจัดระบบความสัมพันธ์ของคำมโนทัศน์	1	มีการจัดระบบความสัมพันธ์ที่ถูกต้องระหว่างคู่ของคำ มีความเป็นไปได้ของคำที่ใช้ แนวความคิดลำดับของคำถูกจัดกลุ่มในลำดับเดียวกัน
	0	ไม่มีการจัดระบบความสัมพันธ์ที่เป็นระบบ คำมโนทัศน์ที่อยู่ต่างระดับอยู่ในระดับเดียวกัน

เกณฑ์การแปลความหมาย

ระดับคะแนน 0 - 7	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับที่ควรปรับปรุง
ระดับคะแนน 8 - 15	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับน้อย
ระดับคะแนน 16 - 23	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับพอใช้
ระดับคะแนน 24 - 31	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับค่อนข้างดี
ระดับคะแนน 32 - 39	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดี
ระดับคะแนน 40 - 47	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดีมาก

จากเกณฑ์การตรวจให้คะแนนและการแปลความหมายของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งสองแบบ ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางการตอบซึ่งเป็นผังเฉลยของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งสองแบบ ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียด ดังภาพประกอบ 21 ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 21 แนวทางการตอบ แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน

โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อม

**วิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์
วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม/แบบการเลือกคำเชื่อม**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาคุณภาพแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม/แบบเลือกคำเชื่อม ดังแสดงในตาราง 9 ดังนี้

**ตาราง 9 วิธีการหาคุณภาพแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้าง
ผังคำและคำเชื่อม/แบบการเลือกคำเชื่อม**

แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผัง แบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) มโนทัศน์วิชาฟิสิกส์แบบการเลือกคำเชื่อม (S)

- | | |
|--|---|
| <p>1. คำนวณค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – objective Congruence) โดยใช้สูตรของครอกเกอร์ และอัลไจน่า (Crocker; & Algina 1986: 221)</p> <p>2. คำนวณหาค่าอำนาจจำแนก (Discriminant index) โดยใช้สูตรของวิทนีย์ และซาเบอร์ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543: 201; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970: 214-215)</p> <p>3. คำนวณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรของแอลฟาครอนบาคของคะแนนที่ได้จากแบบประเมินความคิดรวบยอดที่ได้ในแต่ละชุด</p> <p>4. คำนวณหาค่าความยาก (Difficulty index) โดยใช้สูตรของวิทนีย์ และซาเบอร์ (สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. 2530: 179; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970: 214-215)</p> | <p>1. คำนวณค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – objective Congruence) โดยใช้สูตรของครอกเกอร์ และอัลไจน่า (Crocker; & Algina. 1986: 221)</p> <p>2 คำนวณหาค่าอำนาจจำแนก (Discriminant index) โดยใช้สูตรของวิทนีย์ และซาเบอร์ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543: 201; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970: 214-215)</p> <p>3. คำนวณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรของแอลฟาครอนบาคของคะแนนที่ได้จากแบบประเมินความคิดรวบยอดที่ได้ในแต่ละชุด</p> <p>4. คำนวณหาค่าความยาก (Difficulty index) โดยใช้สูตรของวิทนีย์ และซาเบอร์ (สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. 2530: 179; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970: 214-215)</p> |
|--|---|

คุณภาพเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ชุดที่นำไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนโรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จำนวน 80 คน ซึ่งมีประเด็นการพิจารณาดังนี้

1. การตรวจสอบคุณสมบัติความสมมูลของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยตรวจสอบจากการเท่ากันของค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ค่าความเชื่อมั่น

2. ความยาก (Difficulty index) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)

3. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

4. ความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์

1. การตรวจสอบคุณสมบัติความสมมูลความสมมูลของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม พิจารณาจาก ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบประเมินความคิดรวบยอดในแต่ละชุด ค่าความแปรปรวน ค่าความเชื่อมั่น ที่ได้ต้องมีค่าเท่ากัน ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตรวจสอบผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สถิติทดสอบตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ผลการทดสอบความสมมูลของค่าเฉลี่ยของคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ชุดทดลองใช้

1.1.1 ผลการทดสอบความสมมูลคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ซึ่งใช้สถิติทดสอบความแปรปรวน F-test ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ตามแบบแผนการทดลอง Completely Randomized Design : CRD ผลการตรวจสอบแสดงรายละเอียดในตาราง 10 ดังนี้

ตาราง 10 การทดสอบความสมมูลของคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด

แหล่งของค่าความแปรปรวน	SS	df	MS	F test
ระหว่างกลุ่ม	509.47	3	169.83	
ภายในกลุ่ม	10213.50	36	283.71	0.60
ทั้งหมด	10722.98	39		

สถิติทดสอบ F เมื่อ $\alpha = 0.05$ $df_1 = 3$ $df_2 = 36$ $F_{critical} = 2.36$

ผลที่ได้มีค่าความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด มีความสมมูลกัน

1.1.2 ผลการตรวจสอบความสมมูลของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ทั้ง 4 ชุดซึ่งใช้สถิติทดสอบความแปรปรวน F-test ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ตามแบบแผนการทดลอง CRD เป็นไปตามตาราง 11 ดังนี้

ตาราง 11 การทดสอบความสมมูลคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด

แหล่งของค่าความแปรปรวน	SS	df	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	58.50	3	19.50	
ภายในกลุ่ม	5805.40	36	161.26	0.12
ทั้งหมด	5863.90	39		

สถิติทดสอบ F เมื่อ $\alpha = 0.05$ $df_1 = 3$ $df_2 = 36$ $F_{critical} = 2.36$

ผลที่ได้มีค่าความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด มีความสมมูลกัน

1.2 ผลการทดสอบความสมมูลของความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ชุดทดลองใช้

1.2.1 ผลการทดสอบความสมมูลของความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ผ่านการปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบความสมมูลความแปรปรวน ดังแสดงในตาราง 12 ดังนี้

ตาราง 12 การทดสอบความสมมูลของความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด

แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมชุดที่	$\bar{X}$	S.D.	S^2	F
1	55.80	15.54	241.49	1.38
2	48.10	16.86	284.26	
3	46.30	18.28	334.16	
4	49.90	16.58	274.90	

สถิติทดสอบ F เมื่อ $\alpha = 0.05$ $df_1 = 9$ $df_2 = 9$, $F_{critical} = 3.18$

ผลที่ได้มีค่าความแตกต่างของความแปรปรวนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด มีความสมมูลกัน

1.2.2 ผลการทดสอบความสมมูลของความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ผ่านการปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบความสมมูลความแปรปรวน ดังแสดงในตาราง 13 ดังนี้

ตาราง 13 การทดสอบความสมมูลของความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด

แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม	$\bar{X}$	S.D.	S^2	F test
1	35.9	13.43	180.36	1.19
2	33.5	12.28	150.90	
3	32.6	12.39	153.51	
4	34.2	12.66	160.27	

สถิติทดสอบ F เมื่อ $\alpha = 0.05$ $df_1 = 9$ $df_2 = 9$, $F_{critical} = 3.18$

ผลที่ได้มีค่าความแตกต่างของความแปรปรวนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด จำนวน 4 ชุด มีความสมมูลกัน

1.3 ผลการทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ชุดทดลองใช้

1.3.1 ผลการทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ผ่านการปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่น ดังแสดงในตาราง 14 ดังนี้

ตาราง 14 การทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด

เครื่องมือ	ชุด A	ชุด B	สถิติทดสอบ UX_1
แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม		2	0.59
	1	3	
		4	
		3	
	2	4	
	3	4	

*** สถิติทดสอบ UX_1 ที่มีการแจกแจงคล้ายไครส์แควร์ กรณีกลุ่มประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน

ผลที่ได้มีค่าความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม จำนวน 4 ชุด มีความสมมูลกัน

1.3.2 การทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ผ่านการปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบความสมมูลของของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ที่พิจารณาค่าความเชื่อมั่นจากสถิติทดสอบ UX_1 ดังแสดงในตาราง 15 ดังนี้

ตาราง 15 การทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S) ชุดทดลองใช้ (try out) จำนวน 4 ชุด

เครื่องมือ	ชุด A	ชุด B	สถิติทดสอบ UX_1
แบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการ เลือกคำเชื่อม	1	2	2.00
		3	
		4	
	2	3	
		4	
	3	4	

ผลที่ได้มีค่าความแตกต่างของค่าความเชื่อมั่นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม จำนวน 4 ชุด มีความสมมูลกัน

จากผลการทดสอบความสมมูลของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อมชุดทดลองใช้ สามารถสรุปลงในตาราง 16 ดังต่อไปนี้

ตาราง 16 สรุปผลความสมมูลของของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อมชุดที่ทดลองใช้ (try out)

เครื่องมือ	ชุดของ เครื่องมือ	ผลการทดสอบความสมมูล					
		คะแนนเฉลี่ย		ความแปรปรวน		ค่าความเชื่อมั่น	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
แบบประเมินความคิด	1	/		/		/	
รวบยอดโดยใช้แผนผัง	2	/		/		/	
มโนทัศน์แบบการสร้างผัง	3	/		/		/	
คำและคำเชื่อม	4	/		/		/	
แบบประเมินความคิด	1	/		/		/	
รวบยอดโดยใช้แผนผัง	2	/		/		/	
มโนทัศน์แบบการเลือก	3	/		/		/	
คำเชื่อม	4	/		/		/	

ผลการตรวจสอบความสมมูลของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อม ทั้ง 4 ชุด มีความสมมูลกัน

2. คุณภาพของเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ชุดที่ทดลองใช้ (try out) ที่นำไปทดสอบกับนักเรียนทั้งสองห้องเรียนโรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ จำนวน 80 คน ผลปรากฏดังตาราง 17 ต่อไปนี้

ตาราง 17 คุณภาพของเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ในช่วงทดลองใช้ (try out)

เครื่องมือ	ชุดที่	คุณภาพเครื่องมือ			
		ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity)	ค่าความยาก (Difficulty index)	ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)	ค่าความเชื่อมั่น (Reliability)
แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (C)	ชุดที่ 1	0.96 - 1.00	0.47 - 0.75	0.42 - 0.82	0.78
	ชุดที่ 2	0.96 - 1.00	0.38 - 0.75	0.50 - 0.89	0.87
	ชุดที่ 3	0.96 - 1.00	0.41 - 0.67	0.67 - 0.97	0.87
	ชุดที่ 4	0.96 - 1.00	0.39 - 0.75	0.60 - 1.00	0.87
แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (S)	ชุดที่ 1	0.96 - 1.00	0.33 - 0.67	0.67 - 0.82	0.74
	ชุดที่ 2	0.96 - 1.00	0.43 - 0.67	0.56 - 0.85	0.84
	ชุดที่ 3	0.96 - 1.00	0.49 - 0.75	0.44 - 0.83	0.83
	ชุดที่ 4	0.96 - 1.00	0.35 - 0.67	0.56 - 0.83	0.80

จากตาราง 17 เป็นคุณภาพเครื่องมือ แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาชีพสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ชุดต่างๆ ได้แก่ ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ค่าความยาก (Difficulty index) ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) และค่าความเชื่อมั่นแบบแอลฟาของครอนบาค (Alpha's Cronbach) ซึ่งมีรายละเอียดปรากฏดังต่อไปนี้

2.1 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์

2.1.1 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก วิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานของชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งประกอบด้วย 8 ข้อคำถาม ซึ่งผ่านการพิจารณาและแก้ไขแล้ว ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ จำนวน 80 คน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีค่าความยาก (Difficulty index) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยพิจารณาค่าดัชนีค่าความยาก (P_D) มีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผลปรากฏว่า ชุดที่ 1 มีค่าความยาก มีค่าตั้งแต่ 0.47 ถึง 0.75 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.42 ถึง 0.82 ชุดที่ 2 มีค่าความยากมีค่าตั้งแต่ 0.38 ถึง 0.75 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.89 ชุดที่ 3 มีค่าความยากมีค่าตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.67 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.67 ถึง 0.97 ชุดที่ 4 มีค่าความยาก มีค่าตั้งแต่ 0.39 ถึง 0.75 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00

2.1.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม วิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งประกอบด้วย 6 ข้อคำถาม ซึ่งผ่านการพิจารณาและแก้ไขแล้วทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ จำนวน 80 คน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีค่าความยาก (Difficulty index) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยพิจารณาค่าดัชนีค่าความยาก (P_D) มีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผลปรากฏว่าชุดที่ 1 มีค่าความยาก มีค่าตั้งแต่ 0.33 ถึง 0.67 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.67 ถึง 0.82 ชุดที่ 2 มีค่าความยากตั้งแต่ 0.43 ถึง 0.67 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.56 ถึง 0.85 ชุดที่ 3 ค่าความยากมีค่าตั้งแต่ 0.49 ถึง 0.75 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.44 ถึง 0.83 ชุดที่ 4 ค่าความยาก มีค่าตั้งแต่ 0.35 ถึง 0.67 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.56 ถึง 0.83

2.2 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

2.2.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ทดสอบชุดละ 5 สถานการณ์ทดสอบ ที่ผู้ทรงคุณวุฒิจำเป็นต้องประเมินวัตถุประสงค์ในการวัด จำนวน 9 ด้าน คือ ด้านงานเป็นบวก พลังงานศักย์เพิ่ม ด้านงานเป็นบวกพลังงานจลน์เพิ่ม ด้านงานเป็นบวก พลังงานคงตัว ด้านงานเป็นลบ พลังงานศักย์ลด ด้านงานเป็นลบพลังงานจลน์ลด ด้านงานเป็นลบ พลังงานคงตัว ด้านงานเป็นศูนย์ พลังงานจลน์เพิ่ม ด้านงานเป็นศูนย์พลังงานจลน์ลด ด้านงานเป็นศูนย์พลังงานคงตัว ซึ่งประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นอาจารย์ที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 2 ท่าน ศึกษานิเทศก์ระดับ

เชี่ยวชาญพิเศษระดับ 9 จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ที่สอนในระดับมหาวิทยาลัย ภาควิชาหลักสูตรและการสอนจำนวน 2 ท่าน พิจารณาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้เกณฑ์ การพิจารณาค่าความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการ สร้างผังคำและคำเชื่อม โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item object Congruence : IOC) สูตรของครอกเกอร์และอัลไจนา (Crocker;& Algina.1986:221) ที่คำนวณได้ต้องมีค่ามากกว่า 0.70 ขึ้นไป ผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโน ทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม มีค่าตั้งแต่ 0.96 ถึง 1.00

2.2.2 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้ แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมชุดที่ 1,2,3 และ 4 ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ทดสอบชุดละ 5 สถานการณ์ทดสอบ ที่ผู้ทรงคุณวุฒิจำเป็นต้องประเมินวัตถุประสงค์ในการวัด 9 ด้าน คือ ด้านงาน เป็นบวก พลังงานศักย์เพิ่ม ด้านงานเป็นบวกพลังงานจลน์เพิ่ม ด้านงานเป็นบวก พลังงานคงตัว ด้านงานเป็นลบ พลังงานศักย์ลด ด้านงานเป็นลบพลังงานจลน์ลด ด้านงานเป็นลบ พลังงานคงตัว ด้านงานเป็นศูนย์ พลังงานจลน์เพิ่ม ด้านงานเป็นศูนย์พลังงานจลน์ลด ด้านงานเป็นศูนย์พลังงานคง ตัว ซึ่งประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นอาจารย์ที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 2 ท่าน ผู้ทรงคุณวุฒิในตำแหน่งศึกษานิเทศก์เชี่ยวชาญพิเศษระดับ 9 จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ที่สอนในระดับมหาวิทยาลัย ภาควิชาหลักสูตรและการสอนจำนวน 2 ท่าน พิจารณาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาค่าความสอดคล้องของแบบ ประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม โดยใช้ค่าดัชนีความ สอดคล้อง (Index of Item- objective Congruence : IOC) สูตรของครอกเกอร์และอัลไจนา (Crocker; & Algina. 1986: 221) ที่คำนวณได้ต้องมีค่ามากกว่า 0.70 ขึ้นไป ผลการพิจารณาค่า ดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือก คำเชื่อม มีค่าตั้งแต่ 0.96 - 1.00

2.3 ความเชื่อมั่น (Reliability)

2.3.1 ความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินความคิดรวบยอดไปประเมินนักเรียน โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ จำนวน 80 คน ซึ่งแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผัง มโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม วิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานของชุดที่ 1,2,3 และ4 ประกอบด้วยชุดละ 8 ข้อย่อยที่มีคะแนนเต็ม 78 คะแนน ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ จำนวนนักเรียนกลุ่มละ 10 คน แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตร สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ผลปรากฏว่า ได้ค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.78 , 0.87 , 0.87 และ 0.87 ตามลำดับ

2.3.2 ความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ แบบการเลือกคำเชื่อม (Reliability) ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผัง

มโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม วิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานของชุดที่ 1,2,3 และ 4 จำนวน ชุดละ 6 ข้อย่อย ที่มีคะแนนเต็ม 47 คะแนน ประเมินนักเรียนโรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ จำนวน 80 คน โดยใช้จำนวนนักเรียนกลุ่มละ 10 คน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ผลปรากฏว่า ได้ค่าความเชื่อมั่นมีค่า 0.74 , 0.84, 0.83 และ 0.80 ตามลำดับ

จากคุณภาพของเครื่องมือที่ผู้วิจัยได้นำเสนอในข้างต้น สามารถสรุปผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ในช่วงทดลองใช้ที่เป็นตามเกณฑ์กำหนด ดังตาราง 18 ต่อไปนี้

ตาราง 18 สรุปคุณภาพของเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ในช่วงทดลองใช้

เครื่องมือ	ชุด เครื่อง มือ	คุณภาพของเครื่องมือ							
		ความเที่ยงตรง		ค่าความยาก		ค่าอำนาจ จำแนก		ค่าความ เชื่อมั่น	
		เชิงเนื้อหา							
		ผ่าน	ไม่ ผ่าน	ผ่าน	ไม่ ผ่าน	ผ่าน	ไม่ ผ่าน	ผ่าน	ไม่ ผ่าน
แบบประเมิน ความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผัง มโนทัศน์แบบการ สร้างผังคำและ คำเชื่อม (C)	1	/		/		/		/	
	2	/		/		/		/	
	3	/		/		/		/	
	4	/		/		/		/	
แบบประเมิน ความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผัง มโนทัศน์แบบการ เลือกคำเชื่อม (S)	1	/		/		/		/	
	2	/		/		/		/	
	3	/		/		/		/	
	4	/		/		/		/	

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. หลังจากดำเนินการทดลองใช้แล้ว ทำหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนในกลุ่มตัวอย่าง เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ติดต่อขอความร่วมมือจากครูผู้สอนฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อร่วมกันวางแผนในการเตรียมความรู้เกี่ยวกับการใช้แผนผังมโนทัศน์ในกระบวนการประเมินในระหว่างการเรียนการสอน

3. ประสานงานติดต่อกับครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ ในโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา เพื่อวางแผน และตรวจสอบเวลาในการนำแบบประเมินลงไปประเมินตามการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัย ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูลที่โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา ตั้งแต่วันศุกร์ที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 จนถึง วันอังคารที่ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 เป็นจำนวนวันทั้งสิ้น 12 วัน โดยเก็บครั้งละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที ซึ่งรายละเอียด อยู่ในภาคผนวก (ข) ผู้วิจัยได้ใช้แบบแผนการวิเคราะห์กรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เติมรูป (Cross design) และกรณีการวัดแบบแฝงบางส่วน (Partially Nested design) เพื่อศึกษาองค์ประกอบของเงื่อนไข ในแต่ละเงื่อนไขดังนี้

4.1 การออกแบบการวัดเป็นแบบไขว้เติมรูป ($P \times O \times F$) โดยมีฟาเซทที่มีการวิเคราะห์ ดังนี้ P แทนนักเรียน O แทน การวัดซ้ำ และ F แทน รูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ซึ่งสามารถอธิบายแนวคิดกรณีออกแบบการวัด ที่เก็บรวบรวมข้อมูลจาก นักเรียนทุกคนได้รับการประเมินทั้งสองครั้งโดยเว้นระยะห่างกันในการเก็บข้อมูล 3 วัน (แต่นักเรียนจะได้รับแบบประเมินที่มีรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดที่แตกต่างกันสามารถดำเนินการทดลอง โดยแบ่งจำนวนผู้เรียนในห้องเรียนที่ได้จากการสุ่ม) โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา 4/4 จำนวน 50 คน ห้องเรียน สามารถแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มละ 25 คน โดยในแต่ละกลุ่ม ได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมเพียงอย่างเดียว ทั้งสองครั้งในการวัด และได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมทั้งสองครั้งในการวัด โดยประเมินภายในกลุ่ม แต่ละกลุ่มจะได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดรายวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ที่มีความสมมูล สำหรับการประเมินเพื่อเปรียบเทียบผลจากเงื่อนไขที่ศึกษาการวัดซ้ำ (Occasions) ผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมิน

ความคิดรวบยอดรายวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่มีการวัดซ้ำ 1 และ 2 ครั้ง และแบบเลือกคำเชื่อมที่มีการวัด 1 และ 2 ครั้ง ในการวิเคราะห์ข้อมูลศึกษาเพื่อการตัดสินใจ (D-study) ในการเปรียบเทียบผลจากเงื่อนไขที่ศึกษาการวัดซ้ำ (Occasions) ที่แตกต่างกัน โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับแบบประเมินที่มีความแตกต่างกันตามเงื่อนไขที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งนำไปสู่กระบวนการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจ (D-study) จนได้ผลการวิเคราะห์ของความแตกต่างของการวัดซ้ำ ตามความมุ่งหมายการวิจัยที่วางไว้ ซึ่งรายละเอียดของการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลของกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เติมรูป ($P \times O \times F$) สามารถแบ่งการอธิบายเป็นกรณี ดังต่อไปนี้

4.1.1 กรณีแรก คือ การใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ที่มีการจัดกระทำในกลุ่มของนักเรียนจำนวน 25 คน จากการแบ่งกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 50 คน ซึ่งได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ที่ต้องได้รับการประเมินในการวัด 2 ครั้ง ในการวัดในแต่ละครั้ง จะใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ประกอบด้วย 2 ชุดมีความสมมูล ในการวัด 1 ครั้ง ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบประเมินชุดที่ 1 และชุดที่ 2 โดยแบบประเมินทั้ง 2 ชุดที่ใช้ทดสอบด้วยระยะเวลาที่ติดต่อกัน ใช้เวลาในการประเมินจำนวน 45 นาทีต่อหนึ่งชุด รวมเวลาทั้งหมด 90 นาที และในการวัด 2 ครั้ง ได้เว้นระยะห่าง 3 วัน จากนั้นผู้วิจัยได้ทดลองซ้ำกับนักเรียนที่แบ่งกลุ่มเดิมจากการวัด 1 ครั้ง โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ประกอบด้วย 2 ชุดมีความสมมูลเช่นกัน คือ ชุดที่ 4 และชุดที่ 3 ประเมินโดยใช้แบบประเมิน 2 ชุดที่ทดสอบด้วยระยะเวลาที่ติดต่อกัน ใช้เวลาในการประเมิน 45 นาทีต่อหนึ่งชุด ใช้เวลาในการประเมินรวมทั้งสิ้น 90 นาที

4.1.2 กรณีที่สอง คือการใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ที่มีการจัดกระทำในกลุ่มนักเรียนจำนวน 25 คน จากการแบ่งกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 50 คน ซึ่งได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ที่ต้องวัด 2 ครั้ง ซึ่งในการวัดแต่ละครั้งใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมที่ประกอบด้วย 2 ชุด มีความสมมูลกัน ในการวัด 1 ครั้ง ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบประเมินชุดที่ 3 และชุดที่ 4 โดยใช้แบบประเมิน 2 ชุดที่ทดสอบด้วยระยะเวลาที่ติดต่อกัน ใช้เวลาในการประเมินจำนวน 45 นาทีต่อหนึ่งชุด รวมเวลาในการประเมิน ทั้งสิ้น 90 นาที และในการวัด 2 ครั้ง ที่ได้ผ่าน

ระยะเวลา 3 วันนั้น ผู้วิจัยได้ทดลองซ้ำกับนักเรียนที่แบ่งกลุ่มเดิมจากการวัด 1 ครั้ง โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ตส์แบบการเลือกคำเชื่อม ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 โดยใช้แบบประเมิน 2 ชุดที่ทดสอบด้วยระยะเวลาที่ติดต่อกัน ใช้เวลาในการประเมินเป็นเวลา 45 นาทีต่อหนึ่งชุด ใช้เวลาในการประเมินรวมทั้งสิ้น 90 นาที

4.2 กรณีการออกแบบการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาในขั้นตอน G-study เพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพันธ์ระหว่างลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) (CS → SC) กับลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์ที่เริ่มจากแบบแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) (SC → CS) ผู้วิจัยได้กำหนดกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน (Partially Nested Design (O:F) x P) โดยนักเรียนแต่ละคนได้รับลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์ความคิดรวบยอดแตกต่างกัน เมื่อประเมินด้วยจำนวนครั้งในการวัดทั้งสองครั้งที่ส่งผลต่อคุณภาพความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังโน้ตส์ โดยจัดกระทำทดลองในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา 4/1 ซึ่งมีจำนวนนักเรียน 44 คน สามารถแบ่งนักเรียนตามกลุ่มเป็นจำนวน 22 คนต่อกลุ่ม รวมทั้งหมด 2 กลุ่ม มีรายละเอียดได้ดังนี้ คือ

กรณี SC → CS คือ กลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 1 ครั้ง โดยทดลองจัดกระทำกับนักเรียนจำนวน 22 คน และในการวัด 2 ครั้ง นักเรียนได้รับลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) มีนักเรียนที่เข้าร่วม จำนวน 22 คน

กรณี CS → SC คือ กลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) โดยทดลองจัดกระทำในการวัด 1 ครั้ง กับนักเรียนจำนวน 22 คน และในการวัด 2 ครั้ง นักเรียนได้รับลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) มีจำนวน 22 คน

จากการแบ่งกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เต็มรูป ($P \times O \times F$) ที่เก็บรวบรวมได้จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ที่แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 22 คน จำนวน 2 กลุ่ม และกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน (O:F) x P ที่เก็บ

รวบรวมาได้จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ที่มีการแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 22 คน จำนวน 2 กลุ่ม ดังรายละเอียดในตาราง 19 ดังต่อไปนี้

ตาราง 19 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตัวแปรอิสระ	กรณีการ ออกแบบการวัด	ห้อง	จำนวน นักเรียน (คน)	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	
				1 ครั้ง	2 ครั้ง
ลำดับของการสร้าง แผนผังมโนทัศน์	(O:F) x P	ห้อง 4/1	22	CS	SC
			22	SC	CS
การวัดซ้ำ	(P x O x F)	ห้อง 4/4	22	CC	CC
			22	SS	SS

หมายเหตุ

CS หมายถึง ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบเลือกคำเชื่อม

SC หมายถึง ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม

CC หมายถึง แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานพลังงานโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมทั้งสองครั้งในการวัด

SS หมายถึง แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานพลังงานโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมทั้งสองครั้งในการวัด

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือและพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์ งานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 8 ชุด โดยค่าสถิติพื้นฐานที่ผู้วิจัยที่ได้จากแบบประเมินโดยนำเสนอ

ต่อไปนี้มี การปรับคะแนนเต็มให้เท่ากัน คือ 47 คะแนน ทั้งสองรูปแบบของแบบประเมิน ในส่วน รายละเอียดและเหตุผลในการปรับคะแนนให้เท่ากัน ผู้วิจัยขออนุญาตนำเสนอในภาคผนวก (ข)

ขั้นตอนที่ 2 การจัดค่าข้อมูลที่มีค่าที่คลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยมากผู้วิจัยได้จัดกระทำและวิเคราะห์ ตามละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 สำหรับกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เติมรูป ($P \times O \times F$) สามารถแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลได้ตามกรณีดังต่อไปนี้

1) กรณีแรก คือ การใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CC) ที่มีการจัดกระทำในกลุ่มของนักเรียนจำนวน 25 คน จากการแบ่งกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 50 คน ซึ่งได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ที่ต้องได้รับการประเมินในการวัด 2 ครั้ง ซึ่งสามารถพบปัญหาของการขาดหายของกลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยในครั้งนี้เช่นเดียวกันผู้วิจัยได้พบปัญหาที่ในการวิจัย คือ จำนวนนักเรียนเข้าร่วมการประเมินทั้งสองครั้งมีจำนวนไม่เท่ากัน โดยในการวัด 2 ครั้ง ของการประเมิน มีนักเรียนที่ไม่มาโรงเรียน จำนวน 1 คน ในช่วงที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล จึงทำให้เกิดข้อมูลสูญหายไปบางส่วน ผู้วิจัยจึงตัดจำนวนนักเรียนเหลือ 24 คน แต่เมื่อนำข้อมูลมาพิจารณาช่วงคะแนนเต็ม 54 ซึ่งภายหลังมีการปรับคะแนนให้เท่ากัน ทั้งแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมและแบบการเลือกคำเชื่อม คือ 47 คะแนน พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนติดในกลุ่มค่าคะแนนที่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยผิดปกติ (Outlier) คือนักเรียนที่ทำคะแนนได้ค่าเฉลี่ยในกลุ่มสูงที่มากกว่าค่าเฉลี่ยปกติจำนวน 1 คนและนักเรียนที่ทำคะแนนที่ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าปกติจำนวน 1 คน จึงทำให้เหลือจำนวนนักเรียนที่เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ 22 คน โดยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความสมมูลของแบบประเมินโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน โดยพิจารณาจากความเท่ากันของค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบประเมินความคิดรวบยอด ความแปรปรวน และค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม

2) กรณีที่สอง คือ การใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) ที่มีการจัดกระทำในกลุ่มนักเรียนจำนวน 25 คน จากการแบ่งกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 50 คน ซึ่งได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ที่ต้องวัด 2 ครั้ง เนื่องจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ต้องมีการวัดในสองช่วงเวลา ซึ่งสามารถพบปัญหาของการขาดหายของกลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยในครั้งนี้เช่นเดียวกันผู้วิจัยได้พบ ปัญหาที่ในการวิจัย คือจำนวนนักเรียนของนักเรียนที่เข้าร่วมการประเมินทั้งสองครั้งที่มีจำนวนไม่เท่ากัน โดยในการวัด 1 ครั้งของการประเมิน มีนักเรียนที่ไม่มาโรงเรียนจำนวน 1 คน ในช่วงที่ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล จึงทำให้เกิดข้อมูลสูญหายไปบางส่วน ผู้วิจัยจึงตัดจำนวนนักเรียนเหลือ 24 คน แต่เมื่อนำข้อมูลมาพิจารณาช่วงคะแนนเต็ม 54

ซึ่งภายหลังมีการปรับคะแนนเต็มให้เท่ากันของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมและแบบการเลือกคำเชื่อม คือ 47 คะแนน พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนติดในกลุ่มค่าคะแนนที่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยผิดปกติ (outlier) คือนักเรียนที่ทำคะแนนได้ค่าเฉลี่ยในกลุ่มสูงที่มากกว่าค่าเฉลี่ยปกติจำนวน 1 คนและนักเรียนที่ทำคะแนนที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยต่ำกว่าปกติจำนวน 1 คน จึงทำให้เหลือจำนวนนักเรียนที่เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ 22 คน ทั้งนี้ในระหว่างการเก็บข้อมูลในการประเมินจำเป็นต้องประเมินด้วยจำนวนครั้งในการวัดสองครั้ง ทำให้จำนวนนักเรียนที่เข้าร่วมการประเมินมีการสูญหาย เนื่องจากจำนวนนักเรียนที่มาโรงเรียนในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน ส่งผลต่อจำนวนนักเรียนที่เข้าประเมินไม่ครบถ้วนตามกลุ่มที่แบ่งในครั้งแรก และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มีการขจัดค่าที่ผิดปกติจากค่าเฉลี่ย (Outlier) ในการวัดซึ่งได้แก่ คะแนนที่ได้จากนักเรียนกลุ่มสูงติดเพดาน (Ceiling effect) และคะแนนของนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าปกติ (Floor effect) จึงทำให้เหลือจำนวนนักเรียนที่นำเข้ามาวิเคราะห์ กลุ่มละ 22 คน โดยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความสมมูลของแบบประเมินโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน โดยพิจารณาจากความเท่ากันของค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบประเมินความคิดรวบยอดความแปรปรวน ค่าความเชื่อมั่น ของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม

2.1 สำหรับกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (Partially Nested Design (O:F) x P) โดยจัดกระทำทดลองในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา 4/1 ซึ่งมีจำนวนนักเรียน 44 คน สามารถแบ่งจำนวนนักเรียนตามกลุ่ม ออกเป็น 22 คนต่อกลุ่ม รวมทั้งหมด 2 กลุ่ม มีรายละเอียดได้ดังนี้ คือกลุ่มนักเรียนได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมก่อน ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ไปสู่ลำดับของการสร้างเริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) (CS→ SC) และกลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมก่อน ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) (SC→ CS) เป็นเงื่อนไข

กรณี SC→CS คือ กลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง ซึ่งทดลองจัดกระทำกับนักเรียนจำนวน 22 คน

กรณี CS→ SC คือ กลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 1 ครั้ง ซึ่งทดลองจัดกระทำกับนักเรียนจำนวน 22 คน และในการวัด 2 ครั้ง นักเรียนได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) มีจำนวน 24 คน ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีการแยกกลุ่มนักเรียนที่ทำคะแนนได้สูงกว่าปกติ (Ceiling

effect) จำนวน 1 คน และนักเรียนที่ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยที่ผิดปกติมาก (Floor effect) จำนวน 1 คน ทำให้เหลือจำนวนนักเรียนที่สามารถเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลได้จำนวนนักเรียน 22 คน

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์คุณภาพของแบบประเมินโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 รูปแบบ โดยตรวจสอบคุณภาพด้านความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายใน (internal consistency) จากค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแอลฟาของครอนบาค ค่าความยากง่าย (Difficulty index) ค่าอำนาจจำแนก (Discriminant) และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบคุณภาพของแบบประเมินโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านความเชื่อมั่น (Reliability) จากค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง(G-coefficient) โดยพิจารณาจากเงื่อนไขหรือพาเซทในกรณีที่การวัดซ้ำที่แตกต่างกัน (occasions) และเงื่อนไขในลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดแตกต่างกัน (Format) ตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ซึ่งการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง(G-coefficient) ผู้วิจัยได้ใช้สูตร t-test ของพิทแมน ในการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ(Feldt. 1980: 102; citing Pitman. 1939: 9 - 12) ซึ่งในขั้นตอนการเปรียบเทียบผู้วิจัยได้กำหนดให้มีการออกแบบเป็นกรณีการออกแบบแบบไขว้ทั้งหมดและแบบแบ่งบางส่วนตามกรณีการออกแบบการวัด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติพื้นฐานและสถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2. สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-objective Congruence : IOC) สูตรของคอกเกอร์และอัลไจนา (Crocker; & Algina. 1986: 221)

$$I_{ik} = \frac{N}{2N-2} (\mu_k - \mu)$$

เมื่อ I_{ik} แทน ดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (i) กับวัตถุประสงค์ในการวัด(k)
(Index of Item-objective Congruence)

N แทน จำนวนของวัตถุประสงค์ในการวัด

μ แทน ค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญที่ตัดสินข้อคำถามแต่ละข้อ i จากทุกวัตถุประสงค์ในการวัด

μ_k แทน ค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญที่ตัดสินข้อคำถามแต่ละข้อ i จากแต่ละวัตถุประสงค์ในการวัด

2.2 ค่าความยาก (Difficulty index) ของแบบทดสอบชนิดอัตนัย ใช้ค่าดัชนีค่าความยาก สูตรของวิทย์นีย์และซาร์เบอร์(สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ 2530: 179; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970 : 214-215)

$$P_D = \frac{S_U + S_L - (2nX_{\min})}{2n(X_{\max} - X_{\min})}$$

P_D	แทน	ค่าดัชนีค่าความยาก
S_U	แทน	ผลรวมคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
n	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discriminant index) ของแบบทดสอบชนิดอัตนัย ใช้การแบ่งกลุ่มผู้ตอบ กลุ่มสูงกลุ่มต่ำ เทคนิค 25 % ตามสูตรของวิทย์นีย์และซาร์เบอร์ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 201; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970: 214-215)

$$D = \frac{S_U - S_L}{n(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อกำหนดให้ D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
S_U	แทน	ผลรวมคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
n	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

2.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตร สัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 200)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
n	แทน	จำนวนข้อที่ต้องการวัด
S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนรายข้อ
S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของแบบวัดทั้งฉบับ

2.5 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ ($\rho_{Abs}^2, \emptyset$) คำนวณจากสูตร (Shavelson ; & Wabb 1991: 93) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Edu -G

$$\rho_{Abs}^2 = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_{Abs}^2}$$

เมื่อ ρ_{Abs}^2	แทน	สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์
σ_p^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ
σ_{Abs}^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

2.6 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์ (ρ_{Rel}^2) คำนวณจากสูตร (Shavelson ; & Wabb. 1991: 93) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Edu -G

$$\rho_{Rel}^2 = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_{Rel}^2}$$

ρ_{Rel}^2	แทน	สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์
σ_p^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ
σ_{Rel}^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

3. ค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของประชากรที่ไม่เป็นอิสระจากกัน ของทั้งสองค่า โดยคำนวณจากสูตร t - test ของฟิทแมน (Feldt. 1980: 102; citing Pitman. 1939: 9-12) จากนั้นนำไปเปิดค่าตาราง Dunn Sidak table

$$t = \frac{(W - 1)(N - 2)^{\frac{1}{2}}}{(4W[1 - r_{x_1x_2}^2])^{\frac{1}{2}}}$$

$$W = \frac{1 - r_{x_2}}{1 - r_{x_1}}$$

$$df = N - 2$$

เมื่อ	N	แทน	จำนวนนักเรียนที่ทดสอบ
	r	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง
	$r_{x_1x_2}$	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบประเมินประเมิน ความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ โดยวิธีเพียร์สัน

4. สถิติที่ใช้ทดสอบความเป็นสมมูลของแบบทดสอบอัตนัย

4.1 ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ จำนวน 4 ชุด (บุญชม ศรีสะอาด. 2541: 236-238)

$$F = \frac{MS_b}{MS_w}$$

เมื่อ F	แทน	ค่าสถิติที่นำไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติจากการแจกแจงแบบ F เพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญ
MS_b	แทน	ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม
MS_w	แทน	ความแปรปรวนภายในกลุ่ม

4.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าความแปรปรวนจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบชุดที่ 1 กับ ชุดที่ 2 ชุดที่ 1กับชุดที่ 3 ชุดที่ 1กับชุดที่ 4 ชุดที่ 2 กับชุดที่ 3 ชุดที่2 กับชุดที่ 4 และชุดที่3 กับชุดที่ 4 โดยใช้สูตร F- test (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2546: 171)

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

เมื่อ $df_1 = n_1 - 1$, $df_2 = n_2 - 1$ และ $S_1^2 > S_2^2$

F	แทน	ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบค่าวิกฤติจากการแจกแจงแบบ F
S_1^2	แทน	ความแปรปรวนที่มีค่าสูงสุด
S_2^2	แทน	ความแปรปรวนที่มีค่าต่ำสุด
n_1, n_2	แทน	ขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ 1, 2 ตามลำดับ

4.3 ค่าสหสัมพันธ์ของแบบทดสอบ คำนวณโดยสูตรสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2546: 314)

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

r_{xy}	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X
$\sum Y$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y
$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด X แต่ละตัวยกกำลังสอง
$\sum Y^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุด Y แต่ละตัวยกกำลังสอง
$\sum XY$	แทน	ผลรวมของผลคูณระหว่าง X กับ Y
N	แทน	จำนวนนักเรียน

4.4 ทดสอบความแตกต่างของค่าเชื่อมั่นของประชากรที่เป็นอิสระจากกัน คำนวณจากสูตร UX_1 (Woodruff; Feld; & Salish. 1987: 98; citing Woodruff; & Feldt. 1986: 393 – 413) แล้วนำไปเปิดตาราง Dunn-Sidak

$$UX_1 = \frac{\sum_m^i \left((1 - \hat{\zeta})^{\frac{-1}{3}} - \bar{\mu} \right)^2}{S^2}$$

$$\bar{\mu} = \frac{\sum_i^m (1 - \hat{\zeta})^{\frac{-1}{3}}}{m}$$

$$S_{ij} = \frac{2}{9(\tilde{N}_i - 1)(1 - \hat{\zeta}_i)^{\frac{2}{3}}}$$

$$\tilde{N}_i = \frac{(\tilde{n}_i - 1)N_i}{(\tilde{n}_i + 1)}$$

เมื่อ	UX_1	แทน	ค่าสถิติทดสอบที่มีการแจกแจงคล้าย χ^2 ที่ $df = \tilde{N} - 1$
	N_i	แทน	จำนวนนักเรียนที่ทดสอบ
	$\tilde{n}_i$	แทน	ค่าเฉลี่ยแบบฮาร์โมนิคของค่าสังเกต
	m	แทน	จำนวนค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	$\hat{\zeta}_j$	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	S_u^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนน u_i
	$\bar{\mu}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน u_i
	$\tilde{N}_i$	แทน	การปรับแก้ความเป็นสมการของตัวแปรอิสระ
	$\hat{\rho}_{ij}^2$	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบจับคู่กันของแบบประเมิน ความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการนำเสนอ และการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

N	แทน	จำนวนของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย (Mean)
min	แทน	ค่าคะแนนต่ำสุดที่ได้จากแบบประเมินชุดนั้น
max	แทน	ค่าคะแนนสูงสุดที่ได้จากแบบประเมินชุดนั้น
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
df	แทน	องศาความเป็นอิสระ (degree of freedom)
SS	แทน	ผลบวกกำลังสอง (Sum of Square)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง (Mean Square)
ρ^2_{Abs}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์
ρ^2_{Rel}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์
S	แทน	แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม
C	แทน	แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม
CS	แทน	ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม
SC	แทน	ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม
$\sigma^2_{O:F}$	แทน	ความแปรปรวนของการวัดซ้ำแฝงในลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด
$\sigma^2_{PO:F}$	แทน	ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

σ_F^2	แทน	ความแปรปรวนของรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอด
σ_p^2	แทน	ความแปรปรวนของนักเรียน
σ_O^2	แทน	ความแปรปรวนของการวัดซ้ำ
σ_{PF}^2	แทน	ความแปรปรวนของผลรวมระหว่างนักเรียนกับรูปแบบของแบบประเมิน
σ_{PO}^2	แทน	ความแปรปรวนของผลรวมระหว่างนักเรียนกับการวัดซ้ำ
σ_{FO}^2	แทน	ความแปรปรวนของผลรวมระหว่างรูปแบบของแบบประเมินกับการวัดซ้ำ
σ_{Abs}^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์
σ_{Rel}^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์
**	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01
t-test	แทน	การทดสอบด้วยสถิติทดสอบค่า t ตามสูตรของฟิชแมน
UX_1	แทน	สถิติทดสอบที่มีการแจกแจงคล้อย ไคร์สแควร์ (Chi square)
F	แทน	ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด
F test	แทน	สถิติทดสอบความแปรปรวน

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้เครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน
2. การตรวจสอบความสมมูลของเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน โดยพิจารณาจากข้อตกลงเบื้องต้นดังต่อไปนี้
 - 2.1 ค่าเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอด
 - 2.2 ความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอด
 - 2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์
3. คุณภาพของเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์
 - 3.1 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก
 - 3.2 ความเที่ยงเชิงเนื้อหา (Content Validity)
 - 3.3 ความเชื่อมั่น (Reliability)
 - 3.4 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (Generalizability coefficient)
4. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อมที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ และการวัดซ้ำที่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ก่อนนำเสนอผลการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเป็นเอกพันธ์ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยการทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two way ANOVA Repeated Measure) จากค่า Mauchly's Test of Sphericity ซึ่งผลที่ได้ คือ 0.63 ซึ่งแสดงว่าข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์มีความแปรปรวนที่เป็นเอกพันธ์ (Homogeneity of variance) ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานที่ได้จากคะแนนที่ได้เครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ ทั้ง 8 ชุด ปรากฏผลแสดงในตาราง 20

ตาราง 20 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้ง 8 ชุด

เครื่องมือ	ชุดแบบ ประเมิน	n	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S.D.	min	max
แบบประเมินความคิดรวบ ยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์	ชุดที่ 1	44	47	36.82	3.55	30	47
	ชุดที่ 2	44	47	39.92	4.11	35	47
แบบการสร้างผังคำและ คำเชื่อม	ชุดที่ 3	44	47	34.85	7.10	23	47
	ชุดที่ 4	44	47	36.47	3.29	32	45
แบบประเมินความคิดรวบ ยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์	ชุดที่ 1	44	47	40.52	4.23	31	47
	ชุดที่ 2	44	47	42.96	3.91	32	47
แบบการเลือกคำเชื่อม	ชุดที่ 3	44	47	42.91	3.78	30	47
	ชุดที่ 4	44	47	39.15	4.67	32	47

จากตาราง 20 พบว่า แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ประกอบด้วยชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 เมื่อนำแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ไปทดลองกับนักเรียนจำนวน 44 คน ซึ่งมีคะแนนเต็มของแบบประเมิน เท่ากับ 47 คะแนน และมีค่าคะแนนเฉลี่ยของแต่ละชุด เท่ากับ 36.82 , 39.92, 34.85 และ 36.47 ตามลำดับ โดยแต่ละชุด นักเรียนสามารถทำคะแนนได้สูงสุดและคะแนนต่ำสุดที่แตกต่างกันในแต่ละชุด ดังต่อไปนี้ ชุดที่ 1 คะแนนสูงสุด เท่ากับ 47 คะแนน และคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 30 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.55 ชุดที่ 2 คะแนนสูงสุดเท่ากับ 47 และคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 35 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.11 ชุดที่ 3 มีค่าคะแนนสูงสุดเท่ากับ 47 คะแนนต่ำสุดเท่ากับ 23 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.10 ชุดที่ 4 มีค่าคะแนนสูงสุดเท่ากับ 45 คะแนนต่ำสุดเท่ากับ 32 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.29

แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ประกอบด้วยชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งมีคะแนนเต็มเท่ากับ 47 คะแนน และมีค่าคะแนนเฉลี่ยของแต่ละชุด เท่ากับ 40.52 , 42.96 , 42.91 และ 39.15 ตามลำดับ โดยแต่ละชุด นักเรียนสามารถทำคะแนนได้สูงสุดและคะแนนต่ำสุดที่แตกต่างกันในแต่ละชุด ดังต่อไปนี้ ชุดที่ 1 มีค่าคะแนนสูงสุด เท่ากับ 47 คะแนน คะแนนต่ำสุดเท่ากับ 31 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.23 ชุดที่ 2 มีค่าคะแนนสูงสุด เท่ากับ 47 คะแนนต่ำสุดเท่ากับ 32 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.72 ชุดที่ 3 มีค่าคะแนนสูงสุดเท่ากับ 47 คะแนนต่ำสุดเท่ากับ 30 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.78 ชุดที่

4 มีค่าคะแนนสูงสุดเท่ากับ 47 คะแนนต่ำสุดเท่ากับ 32 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.67

1.1. ค่าสถิติพื้นฐานที่ได้จากกลุ่มที่ได้รับการประเมินที่แตกต่างกัน จำแนกตามจำนวนครั้งในการวัด

ตาราง 21 ค่าสถิติพื้นฐานของแต่ละกลุ่มที่ได้รับการประเมินที่แตกต่างกัน จำแนกตามจำนวนครั้งในการวัด

ตัวแปรอิสระ	กลุ่มที่ได้รับการประเมิน	n (คน)	จำนวนครั้งในการวัด			
			1 ครั้ง		2 ครั้ง	
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
การวัดซ้ำ	SS	22	38.35	5.04	42.86	6.02
	CC	22	33.27	3.43	37.11	4.22
ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์	CS $\rightarrow$ SC	22	39.98	4.66	43.74	3.59
	SC $\rightarrow$ CS	22	42.67	3.11	39.47	3.70

จากตาราง 21 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับการประเมินด้วยแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) มีคะแนนเฉลี่ยจากการวัด 1 ครั้งและวัด 2 ครั้ง เท่ากับ 38.35 และ 42.86 คะแนน ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.04 และ 6.02 ตามลำดับ

กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการประเมินด้วยแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CC) มีคะแนนเฉลี่ยจากการวัด 1 ครั้ง และการวัด 2 ครั้ง เท่ากับ 33.27 และ 37.11 ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.43 และ 4.22 ตามลำดับ

ส่วนกลุ่มนักเรียนที่ได้รับแบบประเมินที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) (CS $\rightarrow$ SC) มีคะแนนเฉลี่ยจากการวัด 1 ครั้งและเมื่อการวัด 2 ครั้งเท่ากับ 39.98 และ 43.74 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 4.66 และ 3.59 ตามลำดับ

ส่วนกลุ่มนักเรียนที่ได้รับแบบประเมินที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อมตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) (SC $\rightarrow$ CS) มีคะแนนจากการวัด 1 ครั้ง และการวัด 2 ครั้ง เท่ากับ 42.67 และ 39.47 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 3.11 และ 3.70 ตามลำดับ

2. การตรวจสอบความสมมูลของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์
ในการตรวจสอบความสมมูลของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่
ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ตรวจสอบตามข้อตกลงเบื้องต้นดังต่อไปนี้

- 2.1 ค่าเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอด
- 2.2 ความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอด
- 2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์

2.1 ค่าเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์
ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมมูลของค่าเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้
แผนผังมโนทัศน์ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังตาราง 22 และ 23 ต่อไปนี้

ตาราง 22 การทดสอบความสมมูลของคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้
แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด

แหล่งของค่าความแปรปรวน	SS	df	MS	F test
ระหว่างกลุ่ม	121.10	3	40.37	2.70
ภายในกลุ่ม	957.81	64	14.96	
ทั้งหมด	1078.91	67	55.33	

สถิติทดสอบ F เมื่อ $\alpha = 0.05$ $df_1 = 3$ $df_2 = 64$ $F_{critical} = 2.75$

จากตาราง 22 พบว่า แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการ
สร้างผังคำและคำเชื่อมที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด มีคะแนนเฉลี่ยที่มีความแตกต่าง
อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผัง
มโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม จำนวน 4 ชุดมีความสมมูลกัน

ตาราง 23 การทดสอบความสมมูลของคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้
แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด

แหล่งของค่าความแปรปรวน	SS	df	MS	F test
ระหว่างกลุ่ม	60.75	3	20.25	2.74
ภายในกลุ่ม	474.82	64	7.42	
ทั้งหมด	533.06	67	26.83	

สถิติทดสอบ F เมื่อ $\alpha = 0.05$ $df_1 = 3$ $df_2 = 64$ $F_{critical} = 2.75$

จาก ตาราง 23 พบว่า แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด มีคะแนนเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบเลือกคำเชื่อม จำนวน 4 ชุดมีความสมมูลกัน

2.2 ค่าความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมมูลของค่าความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ผลปรากฏดังตาราง 24 และ 25 ต่อไปนี้

ตาราง 24 การทดสอบความสมมูลของค่าความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด

ชุดของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้ แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม	$\bar{X}$	S.D.	S^2	F test
1	35.53	2.55	6.50	1.65
2	41.59	2.85	8.12	
3	40.82	3.67	13.47	
4	37.23	3.28	10.76	

สถิติทดสอบ F เมื่อ $\alpha = 0.05$ $df_1 = 16$ $df_2 = 16$, $F_{critical} = 2.33$

จากตาราง 24 พบว่า แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด มีความแปรปรวนที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม จำนวน 4 ชุดมีความสมมูลกัน

ตาราง 25 การทดสอบความสมมูลของความแปรปรวนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด

ชุดของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้ แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม	$\bar{X}$	S.D.	S^2	F test
1	44.17	2.12	4.49	2.13
2	43.82	2.72	7.40	
3	42.59	3.09	9.58	
4	41.65	2.61	6.81	

สถิติทดสอบ F เมื่อ $\alpha = 0.05$ $df_1 = 16$ $df_2 = 16$, $F_{critical} = 2.33$

จากตาราง 25 พบว่า แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบเลือกคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด มีความแปรปรวนที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม จำนวน 4 ชุดมีความสมมูลกัน

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบค่าความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ผลปรากฏดังตาราง 26 และ 27 ต่อไปนี้

ตาราง 26 ผลการทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือ	ชุด A	ชุด B	สถิติทดสอบ UX_1
แบบประเมินความคิดรวบยอดโดย ใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผัง คำและคำเชื่อม	1	2	0.01
		3	
		4	
	2	3	
		4	
	3	4	

สถิติทดสอบ UX_1 ที่มีการแจกแจงคล้ายไครส์แควร์ กรณีกลุ่มประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน

จากตาราง 26 พบว่า แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด มีค่าความเชื่อมั่น

ที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม จำนวน 4 ชุดมีความสมมูลกัน

ตาราง 27 ผลการทดสอบความสมมูลของค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือ	ชุด A	ชุด B	สถิติทดสอบ UX_1
แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม	1	2	2.20
		3	
		4	
		3	
คำเชื่อม	2	4	
		4	
	3	4	

สถิติทดสอบ UX_1 ที่มีการแจกแจงคล้ายไครส์แควร์ กรณีกลุ่มประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน

จากตาราง 27 พบว่า แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 4 ชุด มีค่าความเชื่อมั่นที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม จำนวน 4 ชุดมีความสมมูลกัน

ดังนั้นจากการตรวจสอบความสมมูลของประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 4 ชุด และแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 4 ชุด จำนวน 4 ชุดมีความสมมูลกัน

3. การตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโนทัศน์แต่ละรูปแบบที่นำไปเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้แสดงตารางสรุปรายละเอียดดังตาราง 28 ต่อไปนี้

ตาราง 28 คุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่นำไปเก็บรวบรวมข้อมูล แต่ละรูปแบบ

เครื่องมือ	ชุดแบบประเมิน	คุณภาพเครื่องมือ			
		ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity)	ค่าความยาก (Difficulty index)	ค่าอำนาจจำแนก (Discriminant)	ค่าความเชื่อมั่น (Reliability)
แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม	ชุดที่ 1	0.96 - 1.00	0.24 - 0.88	0.22 - 0.74	0.66
	ชุดที่ 2	0.96 - 1.00	0.45 - 0.88	0.26 - 0.75	0.68
	ชุดที่ 3	0.96 - 1.00	0.55 - 0.88	0.28 - 0.75	0.72
	ชุดที่ 4	0.96 - 1.00	0.32 - 0.88	0.21 - 0.75	0.71
แบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม	ชุดที่ 1	0.96 - 1.00	0.20 - 0.88	0.26 - 0.75	0.72
	ชุดที่ 2	0.96 - 1.00	0.20 - 0.88	0.25 - 0.58	0.83
	ชุดที่ 3	0.96 - 1.00	0.20 - 0.88	0.21 - 0.65	0.69
	ชุดที่ 4	0.96 - .00	0.48 - 0.75	0.22 - 0.67	0.67

3.1 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก

3.1.1 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งประกอบด้วย 8 ข้อคำถาม ที่ผ่านการพิจารณาและแก้ไขแล้ว นำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา จำนวน 44 คน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีค่าความยาก (Item difficulty index) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยพิจารณาค่าความยาก (P_D) มีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ได้ผลดังตาราง 28 ผลปรากฏว่า ชุดที่ 1 มีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.22 ถึง 0.74 มีค่าความยากเท่ากับ 0.24 ถึง 0.88 ชุดที่ 2 ค่าอำนาจจำแนก 0.26 ถึง 0.75 ค่าความยากเท่ากับ 0.45 ถึง 0.88 ชุดที่ 3 ค่าอำนาจจำแนก 0.28 ถึง 0.75 ค่าความยาก 0.55 ถึง 0.88 ชุดที่ 4 ค่าอำนาจจำแนก 0.21 ถึง 0.75 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.32 ถึง 0.88

3.1.2 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม เมื่อนำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา จำนวน 44 คน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีค่าความยาก (Item difficulty index) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยพิจารณาค่าดัชนีค่าความยาก (P_D) มีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผลปรากฏว่า ชุดที่ 1 ค่า

อำนาจจำแนก 0.26 ถึง 0.75 ค่าความยาก 0.20 ถึง 0.88 ชุดที่ 2 ค่าอำนาจจำแนก 0.25 ถึง 0.58 ค่าความยากมีค่า 0.20 ถึง 0.88 ชุดที่ 3 ค่าอำนาจจำแนก 0.20 ถึง 0.65 ค่าความยาก มีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.88 ชุดที่ 4 ค่าอำนาจจำแนก 0.22 ถึง 0.67 ค่าความยาก มีค่าตั้งแต่ 0.48 ถึง 0.75

3.2 ความเที่ยงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

3.2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมชุดที่ 1 , 2, 3 และ 4 ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ทดสอบชุดละ 5 สถานการณ์ทดสอบ ผู้วิจัยได้คำนวณโดยใช้เกณฑ์การพิจารณาค่าความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Object Congruence : IOC) สูตรของครอกเกอร์และอัลไจนา (Crocker;& Algina.1986: 221) ที่คำนวณได้ต้องมีค่ามากกว่า 0.70 ขึ้นไป จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ โดยผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม มีค่าตั้งแต่ 0.96 ถึง 1.00

3.2.2 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมสำหรับชุดที่ 1 , 2, 3 และ 4 ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ทดสอบชุดละ 5 สถานการณ์ทดสอบ ผู้วิจัยได้คำนวณโดยใช้เกณฑ์การพิจารณาค่าความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Object Congruence : IOC) สูตรของครอกเกอร์และอัลไจนา (Crocker;& Algina.1986: 221) ที่คำนวณได้ต้องมีค่ามากกว่า 0.70 ขึ้นไป จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ โดยผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม มีค่าตั้งแต่ 0.96 ถึง 1.00

3.3 ความเชื่อมั่น (Reliability)

3.3.1 ความเชื่อมั่น (Reliability) ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม วิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานของชุดที่ 1,2,3 และ 4 จำนวน ชุดละ 8 ข้อย่อยที่มีคะแนนเต็ม 47 คะแนนไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 44 คน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค ได้ผลดังตาราง 28 ผลปรากฏว่า ได้ค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.66 , 0.68 , 0.72 และ 0.71 ตามลำดับ

3.3.2 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม วิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานของชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 จำนวน ชุดละ 7 ข้อย่อยที่มีคะแนนเต็ม 47 คะแนน ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 44 คน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น(Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ผลปรากฏว่า ได้ค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.72 , 0.83 , 0.69 และ 0.67 ตามลำดับ

3.4 คุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 รูปแบบ โดยศึกษาคุณภาพด้านความเชื่อมั่น (Reliability) จากค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient) ตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Edu -G ซึ่งผลการวิเคราะห์ แสดงรายละเอียดในประเด็นต่อไปนี้

3.4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (Partially Nested Design ; (O:F) x P) กรณีกลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด (CS → SC) โดยใช้ให้นักเรียนกลุ่มละ 22 คือ กลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 1 ครั้ง และลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 2 ครั้ง (CS → SC) ที่เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนห้อง 4 /4 จำนวน 22 คน มีรายละเอียดที่ปรากฏในตาราง 29 ดังต่อไปนี้

ตาราง 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการศึกษา G study ในกรณีการออกแบบการวัด (O:F) x P โดยอาศัยลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดแบบ (CS → SC)

Source of variation	Variance component	SS	df	MS	variability	Percentage of variance
Person (P)	σ_P^2	499.58	43	11.62	5.81	20.99
Occasion in Format (O:F)	$\sigma_{O:F}^2$					
Format (F)	σ_F^2	496.38	1	496.38	11.03	39.85
Residual (PO:F)	$\sigma_{PO:F}^2$					
Person Format (PF)	σ_{PF}^2	466.125	43	10.84	10.84	39.16
Total		1462.01	87		27.68	100

จากตาราง 29 ผลการศึกษากฎการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (O:F) x P กรณีกลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด (CS → SC) จำนวนนักเรียน 22 คน ที่ได้รับการประเมิน โดยอาศัยลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 1 ครั้ง และลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการ

สร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 2 ครั้ง ($CS \rightarrow SC$) พบว่า เมื่อใช้เงื่อนไขที่ศึกษาที่ประกอบด้วยลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตทัศน์ความคิดรวบยอด แตกต่างกัน กล่าวคือลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 1 ครั้ง ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 2 ครั้ง ($CS \rightarrow SC$) และทำการวิเคราะห์ที่ให้นักเรียนจำนวน 22 คน สามารถประมาณค่าองค์ประกอบค่าความแปรปรวนได้ดังนี้ คือ องค์ประกอบค่าความแปรปรวน มีค่าสูงที่สุด คือ ค่าความแปรปรวนของลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตทัศน์ความคิดรวบยอด (F) มีค่าเท่ากับ 11.03 คิดเป็นร้อยละ 39.85 รองลงมา คือ ค่าองค์ประกอบค่าความแปรปรวนของผลรวมของลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตทัศน์ความคิดรวบยอดกับนักเรียน (PF) มีค่าเท่ากับ 10.84 คิดเป็นร้อยละ 39.16 และค่าองค์ประกอบค่าความแปรปรวนของนักเรียนมีค่าน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 5.81 คิดเป็นร้อยละ 20.99

3.4.2. ผลการประมาณค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient) ของคะแนนที่ได้จากรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ตทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน กรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน ($O:F$) $\times$ P กรณีกลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตทัศน์ความคิดรวบยอดแบบ ($SC \rightarrow CS$) คือ ลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 1 ครั้ง และลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 2 ครั้ง แสดงรายละเอียดในตาราง 30

ตาราง 30 ผลการศึกษา G study ของกรณีการออกแบบการวัด($O:F$) $\times$ P โดยอาศัยลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตทัศน์ความคิดรวบยอด $SC \rightarrow CS$

Source of variation	Variance component	SS	df	MS	variability	Percentage of variance
Person (P)	σ_P^2	848.59	43	19.73	9.87	48.62
Occasion in format (O:F)	$\sigma_{O:F}^2$					
Format (F)	σ_F^2	33.14	1	33.14	0.53	2.61
Residual (PO:F)	$\sigma_{PO:F}^2$					
Person format (PF)	σ_{PF}^2	425.86	43	9.90	9.90	48.77
Total		1307.59	87		20.30	100

จากตาราง 30 ผลการศึกษากฎการออกแบบการวัดแบบแฟงบางส่วน(O:F) x P โดยอาศัยลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่แตกต่างกัน (SC $\rightarrow$ CS) คือลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) เมื่อวัด 1 ครั้ง และลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) เมื่อวัด 2 ครั้ง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากการศึกษาในนักเรียนจำนวน 22 คน สามารถประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนได้ดังนี้ ค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบที่เกิดจากผลรวมระหว่างนักเรียนกับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด (σ_{PF}^2) มีองค์ประกอบค่าความแปรปรวน มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 9.90 คิดเป็นร้อยละ 48.77 รองลงมาคือค่า ความแปรปรวนของนักเรียน (σ_P^2) มีค่าเท่ากับ 19.73 คิดเป็นร้อยละ 48.62 ท้ายสุดคือ ค่าความแปรปรวนลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด(σ_F^2) มีค่าเท่ากับ 33.14 คิดเป็นร้อยละ 2.61 ตามลำดับ

3.4.3 ผลการประมาณค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient) ของคะแนนที่ได้จากรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน กรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เต็มรูป ($P \times O \times F$) สำหรับกรณีก่อนนักเรียนที่ได้รับรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CC) ในการศึกษา G - study แสดงในตาราง 31 ดังต่อไปนี้

ตาราง 31 G- study สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวน กรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เต็มรูปแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CC)

Source of variation	Variance component	SS	df	MS	variability	percent of variance
Person (p)	σ_P^2	537.64	21	25.60	7.43	39.92
Format (F)	σ_F^2	-	-	-	-	-
Occasion (O)	σ_O^2	20.45	1	20.45	0.44	2.36
Format Occasion (FO)	σ_{FO}^2	-	-	-	-	0
Format Person (FP)	σ_{FP}^2	-	-	-	-	0
Occasion Person (OP)	σ_{OP}^2	225.55	21	10.74	10.74	57.71
Residual (FOP)	σ_{FOP}^2	-	-	-	-	0
Total		783.64	43		18.61	100

จากตาราง 31 องค์ประกอบของแหล่งของความแปรปรวนที่มีค่ามากที่สุด คือแหล่งของความแปรปรวนที่เกิดจากผลรวมนักเรียนกับการวัดซ้ำ (σ_{Op}^2) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.74 คิดเป็นร้อยละ 57.71 รองลงมาคือความแปรปรวนที่เกิดจากผลรวมของนักเรียน (σ_p^2) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.43 คิดเป็นร้อยละ 39.92 ท้ายสุดคือความแปรปรวนจากการวัดซ้ำ (σ_O^2) ค่าเท่ากับ 0.44 คิดเป็นร้อยละ 2.36 ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด ตามลำดับ

3.4.4 ผลของการประมาณค่าความแปรปรวนของแต่ละฟากเซท จากกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้ สำหรับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) วิชาฟิสิกส์ ในขั้นตอนการศึกษา G-study มีรายละเอียด ดังปรากฏในตาราง 32 ต่อไปนี้

ตาราง 32 G- study สำหรับองค์ประกอบความแปรปรวนของกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้ ($P \times O \times F$) ของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม วิชาฟิสิกส์ (SS)

Source of variation	Variance component	SS	df	MS	variability	percent of variance
Person (p)	σ_p^2	587.73	21	27.98	9.59	42.10
Format (F)	σ_F^2	-	-	-	-	-
Occasion (O)	σ_O^2	105.09	1	105.09	4.38	19.23
Format Occasion (FO)	σ_{FO}^2	-	-	-	-	0
Format Person (FP)	σ_{FP}^2	-	-	-	-	0
Occasion Person (OP)	σ_{OP}^2	184.91	21	8.81	8.81	38.67
Residual (FOP)	σ_{FOP}^2	-	-	-	-	0
Total		877.73	43		22.78	100

จากตาราง 32 พบว่า เมื่อทำการศึกษา G-study โดยวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนของกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้ ($P \times O \times F$) ของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) วิชาฟิสิกส์ เมื่อวัด 1 ครั้ง พบว่า ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากนักเรียน มีค่าเท่ากับ 9.59 คิดเป็นร้อยละ 42.10 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือค่าความแปรปรวนที่เกิดจากผลของการวัดซ้ำกับนักเรียน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.81 คิดเป็นร้อยละ 38.67 ท้ายที่สุด คือ ค่าความแปรปรวนของการวัดซ้ำมีค่าเท่ากับ 4.38 คิดเป็นร้อยละ 19.23 ตามลำดับ

3.5. ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ในขั้นตอน G- study

3.5.1. ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์แตกต่างกัน ของกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (O:F) x P ของกลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์แบบ CS $\rightarrow$ SC และกลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ (SC $\rightarrow$ CS) จำนวนกลุ่มละ 22 คน ผลปรากฏดังตาราง 33 ต่อไปนี้

ตาราง 33 ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนขององค์ประกอบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์แตกต่างกัน กรณีการออกแบบการวัด (O:F) x P ในขั้นตอน G - study

source of variation	variance component	G-study SC $\rightarrow$ CS	percent of variance	G-study CS $\rightarrow$ SC	percent of variance
format (F)	σ_F^2	0.53	2.61	11.03	39.85
person (P)	σ_p^2	9.87	48.62	5.81	20.99
person x format (PF)	σ_{PF}^2	9.90	48.77	10.84	39.16
Relative error variance	σ_{Rel}^2	0.23		0.25	
Absolute error variance	σ_{Abs}^2	0.45		0.25	
coefficient G relative	ρ_{Rel}^2	0.54		0.96	
coefficient G absolute	ρ_{Abs}^2	0.37		0.94	

จากตาราง 33 พบว่า ผลการศึกษา G - study ของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ กรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (O:F) x P ที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์แตกต่างกัน พบว่า ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 1 ครั้ง ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 2 ครั้ง (SC $\rightarrow$ CS) มีค่าองค์ประกอบของค่าความแปรปรวนของลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์แตกต่างกัน (σ_F^2) มีค่าเท่ากับ 0.53 หรือคิดเป็นร้อยละ 2.61 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 1 ครั้ง และได้รับลำดับของการสร้าง

แบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 2 ครั้ง (CS → SC) มีค่าแตกต่างกัน

3.5.3 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสมบูรณ์ (G-coefficient Absolute) ของลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 1 ครั้ง ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 2 ครั้ง (SC → CS) เท่ากับ 0.37 มีค่าต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่ได้จากกลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 1 ครั้ง ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 2 ครั้ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.94 (CS → SC)

3.6. ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ต ในขั้นตอน D- study

3.6.1 ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจ (D-study) เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ตของลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตที่แตกต่างกัน ในขั้นตอน D- study แบบ CS → SC และ แบบ SC → CS กรณีการออกแบบการวัด (O:F) x P ดังตาราง 34 และตาราง 35 ดังนี้

ตาราง 34 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนขององค์ประกอบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ตที่มีลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตแบบ CS → SC กรณีการออกแบบการวัด (O:F) x P ในขั้นตอน D- study

source of variation	variance component	G-study		D- study		
		CS → SC	$\hat{\sigma}_o$	1	1	1
			$\hat{\sigma}_p$	34	44	50
format (F)	σ_F^2	11.03	σ_F^2	11.03	11.03	11.03
person (P)	σ_p^2	5.81	σ_p^2	4.49	5.81	6.60
person x format (PF)	σ_{PF}^2	10.84	σ_{PF}^2	8.38	10.84	12.32
Relative error variance	σ_{Rel}^2	0.25	σ_{Rel}^2	0.32	0.25	0.22
Absolute error variance	σ_{Abs}^2	0.25	σ_{Abs}^2	0.49	0.38	0.33
coefficient G relative	ρ_{Rel}^2	0.96	ρ_{Rel}^2	0.94	0.96	0.96
coefficient G absolute	ρ_{Abs}^2	0.94	ρ_{Abs}^2	0.92	0.94	0.94

จากตาราง 34 พบว่า ในการศึกษา D- study สำหรับกรณีการออกแบบการวัด (O:F) x P ของลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อมในการวัด 1 ครั้ง (CS) ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 2 ครั้ง (CS → SC) ซึ่งคำนวณได้จากนักเรียนจำนวน 22 คน มีค่าความแปรปรวนของรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ตส์ (σ_F^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน เท่ากับ 11.03 ทุกค่า ค่าความแปรปรวนของนักเรียน (σ_P^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 4.49, 5.81 และ 6.60 ทุกค่า ค่าความแปรปรวนของผลรวมของนักเรียนกับรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ตส์ (σ_{PF}^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียนเป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 8.38, 10.84 และ 12.32 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ (σ_{Rel}^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 0.32, 0.25 และ 0.22 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสมบูรณ์ (σ_{Abs}^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 0.49, 0.38 และ 0.33 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสมบูรณ์ (ρ_{Abs}^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 0.92, 0.94 และ 0.94 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (ρ_{Rel}^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 0.94, 0.96 และ 0.96 ตามลำดับ

ตาราง 35 ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนขององค์ประกอบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ตส์ที่มีลำดับของการสร้างแผนผังโน้ตส์แบบ SC → CS กรณีการออกแบบการวัด (O:F) x P ในขั้นตอน D- study

Source of variation	variance component	G-study SG → CS	D- study			
			$\hat{\sigma}_o$ $\hat{\sigma}_p$	1 34	1 44	1 50
format (F)	σ_F^2	0.53	σ_F^2	0.53	0.53	0.53
Person (P)	σ_P^2	9.87	σ_P^2	7.62	9.87	11.22
Person x format (PF)	σ_{PF}^2	9.90	σ_{PF}^2	7.65	9.90	11.25
Relative error variance	σ_{Rel}^2	0.23	σ_{Rel}^2	0.29	0.23	0.20
Absolute error variance	σ_{Abs}^2	0.45	σ_{Abs}^2	0.58	0.45	0.40
coefficient G relative	ρ_{Rel}^2	0.54	ρ_{Rel}^2	0.48	0.54	0.57
coefficient G absolute	ρ_{Abs}^2	0.37	ρ_{Abs}^2	0.31	0.37	0.40

จากตาราง 35 พบว่า ในการศึกษา D- study สำหรับกรณีการออกแบบการวัด (O:F) x P ของลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 1 ครั้ง ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 2 ครั้ง (SC $\rightarrow$ CS) ซึ่งคำนวณจากข้อมูลนักเรียนจำนวน 22 คน ความแปรปรวนของรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ (σ_F^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน เท่ากับ 0.53 ทุกค่า ค่าความแปรปรวนของนักเรียน (σ_P^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 7.62, 9.87 และ 11.22 ตามลำดับ ค่าความแปรปรวนของผลรวมของนักเรียนกับรูปแบบของแบบประเมิน (σ_{PF}^2) เพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 7.65, 9.90 และ 11.25 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสัมพัทธ์ (σ_{Rel}^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 0.29, 0.23 และ 0.20 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสมบูรณ์ (σ_{Abs}^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 0.58, 0.45 และ 0.40 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสมบูรณ์ (p_{Abs}^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 0.31, 0.37 และ 0.40 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (p_{Rel}^2) เมื่อเพิ่มจำนวนนักเรียน เป็น 34 คน 44 คน และ 50 คน มีค่าเท่ากับ 0.48, 0.54 และ 0.57 ตามลำดับ

3.6.2 ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจ (D-study) เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ในการวัดซ้ำที่แตกต่างกันสำหรับกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เต็มรูป (P x O x F) มีฟาเซทศึกษา คือ F แทน รูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) อย่างเดียวทั้งสองครั้งในการวัด และแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมเพียงอย่างเดียว (CC) ทั้งสองครั้งในการวัด P แทนจำนวนนักเรียน โดยแต่ละกลุ่มมีนักเรียน 22 คน และดำเนินการวัด (O) 2 ครั้ง ผลปรากฏดังตาราง 36 และตาราง 37 ต่อไปนี้

ตาราง 36 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจกรณีการออกแบบการวัด (P x O x F) แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ตสำหรับแบบการสร้างผังคำ และคำเชื่อมเพียงอย่างเดียว (CC)

source of variation	variance component	G- study	D-study	
			$\hat{\eta}_o = 1$	2
			$\hat{\eta}_f = 1$	1
person (P)	σ_p^2	7.43	7.43	7.43
occasions (O)	σ_o^2	0.44	0.88	0.44
format (F)	σ_f^2	-	-	-
Person Occasions (PO)	σ_{PO}^2	10.74	21.48	10.74
Person format (PF)	σ_{PF}^2	-	-	-
Occasions format (OF)	σ_{OF}^2	-	-	-
residual (POF,e)	$\sigma_{POF,e}^2$	-	-	-
Absolute error variance	σ_{Abs}^2	5.59	11.18	5.59
Relative error variance	σ_{Rel}^2	5.37	10.74	5.37
	ρ_{Abs}^2	0.58	0.41	0.58
	ρ_{Rel}^2	0.57	0.40	0.57

จากตาราง 36 เมื่อศึกษาในขั้นการสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจ (D-study) พบว่า แหล่งความแปรปรวนที่เกิดจากผลของแหล่งความแปรปรวนที่เกิดจากผลรวมของนักเรียนกับการวัดซ้ำ (σ_{PO}^2) เมื่อทำการวัด 1 และ 2 ครั้ง มีค่าความแปรปรวนเท่ากับ 21.48 และ 10.74 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ ผลที่เกิดจากนักเรียน (σ_p^2) เมื่อทำการวัด 1 และ 2 ครั้ง มีค่าความแปรปรวนเท่ากัน มีค่าเท่ากับ 7.43 และท้ายสุดคือผลที่เกิดจากการวัดซ้ำ (σ_o^2) เมื่อทำการวัด 1 และ 2 ครั้ง มีค่าความแปรปรวนที่น้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.88 และ 0.44 ตามลำดับ ส่วนคุณภาพด้านความเชื่อมั่นที่ได้จากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (ρ_{Rel}^2) ที่วัด 1 ครั้งพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.40 เมื่อเพิ่มการวัดจำนวน 2 ครั้ง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (ρ_{Rel}^2) มีคุณภาพค่าความเชื่อมั่นที่สูงขึ้นเป็น 0.57 แสดงให้เห็นว่า การวัดซ้ำเป็นแหล่งความแปรปรวนที่ส่งผลต่อคุณภาพความเชื่อมั่น

ตาราง 37 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจกรณีการออกแบบการวัด (P x O x F) แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์สำหรับแบบการสร้างผังคำ และคำเชื่อมเพียงอย่างเดียว (SS)

source of variation	variance component	G- study	D-study	
			$\hat{\eta}_o = 1$	2
			$\hat{\eta}_f = 1$	1
person (P)	σ_p^2	9.59	9.59	9.59
occasions (O)	σ_o^2	4.38	8.76	4.38
format (F)	σ_f^2	-	-	-
Person Occasions (PO)	σ_{PO}^2	8.81	17.62	8.81
Person format (PF)	σ_{PF}^2	-	-	-
Occasions format (OF)	σ_{OF}^2	-	-	-
residual (POF,e)	$\sigma_{POF,e}^2$	-	-	-
Absolute error variance	σ_{Abs}^2	6.59	13.18	6.59
Relative error variance	σ_{Rel}^2	4.40	8.80	4.40
	ρ_{Abs}^2	0.59	0.42	0.59
	ρ_{Rel}^2	0.69	0.52	0.69

จากตาราง 37 เมื่อศึกษาในขั้นการสรุปอ้างอิงเพื่อการตัดสินใจ (D-study) พบว่า แหล่งความแปรปรวนที่เกิดจากผลของแหล่งความแปรปรวนที่เกิดจากผลรวมของนักเรียนกับการวัดซ้ำ (σ_{PO}^2) เมื่อทำการวัด 1 และ 2 ครั้ง มีค่าความแปรปรวนเท่ากับ 17.62 และ 8.81 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ ผลที่เกิดจากนักเรียน (σ_p^2) เมื่อทำการวัด 1 และ 2 ครั้ง มีค่าความแปรปรวนเท่ากัน มีค่าเท่ากับ 9.59 และท้ายสุดคือผลที่เกิดจากการวัดซ้ำ (σ_o^2) มีค่าความแปรปรวนที่น้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.76 และ 4.38 ตามลำดับ ส่วนคุณภาพด้านความเชื่อมั่นที่ได้จากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (ρ_{Rel}^2) ที่วัด 1 ครั้งพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.52 เมื่อเพิ่มการวัดจำนวน 2 ครั้ง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (ρ_{Rel}^2) มีคุณภาพค่าความเชื่อมั่นที่สูงขึ้นเป็น 0.69 แสดงให้เห็นว่า การวัดซ้ำเป็นแหล่งความแปรปรวนที่ส่งผลต่อคุณภาพความเชื่อมั่น

4. ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์

4.1 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่แตกต่างกัน เมื่อการวัดซ้ำแตกต่างกัน ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้นั้น มาวิเคราะห์ในกรณีการออกแบบไขว้ในแต่ละรูปแบบของแบบประเมิน ซึ่งผู้วิจัยได้คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ จากนั้นนำค่าที่ได้มาทดสอบด้วยสูตร t-test ของพิตแมนแบบประชากรไม่เป็นอิสระ (Feldt. 1980: 102; citing Pitman. 1939: 9 – 12) ปรากฏดังตาราง 38 ดังต่อไปนี้

ตาราง 38 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอด

ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์		ρ^2_{Rel}	t-test
ความคิดรวบยอด			
CS	→ SC	0.96	2.35**
SC	→ CS	0.54	

จากตาราง 38 พบว่า ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อมตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 1 ครั้ง ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 2 ครั้งมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเท่ากับ 0.54 กับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 1 ครั้ง ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 2 ครั้ง มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเท่ากับ 0.96 เมื่อทดสอบด้วยค่าสถิติทดสอบ t-test พบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

4.2 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์เหมือนกัน เมื่อมีการวัดซ้ำที่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดที่เหมือนกันเมื่อวัดซ้ำแตกต่างกัน โดยใช้สูตร t-test ของพิทแมน เงื่อนไขประชากรที่ไม่เป็นอิสระจากกัน ปรากฏดังตาราง 39 ดังต่อไปนี้

ตาราง 39 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอด ที่เหมือนกันเมื่อวัดซ้ำที่ต่างกัน

รูปแบบของแบบประเมิน ความคิดรวบยอด	การวัดซ้ำ	ρ^2_{Rel}	t-test
SS	วัด 1 ครั้ง	0.52	0.41**
	วัด 2 ครั้ง	0.69	
CC	วัด 1 ครั้ง	0.40	0.35**
	วัด 2 ครั้ง	0.58	

จากตาราง 39 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) เมื่อวัด 1 และ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.52 และ 0.69 ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CC) เมื่อวัด 1 ครั้ง และวัด 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.40 และ 0.58 ตามลำดับ

เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ด้วยสถิติทดสอบ t-test ของพิทแมน พบว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CC) ในการวัดซ้ำใน 1 ครั้งและ 2 ครั้ง มีค่าที่แตกต่างจากการวัด 2 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม(SS) มีความแตกต่างของการวัดซ้ำใน 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง มีค่าที่แตกต่างจากการวัด 2 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอสาระสำคัญ ในภาพรวมการวิจัยในครั้งนี้ ในส่วนของความมุ่งหมายและวิธีการดำเนินการวิจัย สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะตามลำดับดังรายละเอียดดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อม อีกทั้งเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อมที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ และจำนวนครั้งของการวัดที่แตกต่างกัน โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 16 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 6 โรงเรียน มีประชากรทั้งสิ้นจำนวน 1,345 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนโรงเรียนขนาดใหญ่วิทยาลัย สมบูรณ์กุลกันยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 2 ที่ได้รับการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องงานและพลังงานมาก่อน รวมทั้งหมด 94 คน จำนวน 2 ห้องเรียน ที่ได้มาจากการสุ่มสองขั้นตอน

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ที่มีรูปแบบของแบบประเมินจำนวน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่มีจำนวนชุด 4 ชุดที่มีสถานการณ์ทดสอบที่ต่างกัน ที่มีความสมมูล และรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ที่มีจำนวนชุด 4 ชุดที่มีสถานการณ์ทดสอบที่ต่างกัน ที่มีความสมมูลโดยตัวแปรที่ศึกษา คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง(G-coefficient)

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้แบ่งห้องเรียนที่ได้มาจากการกระบวนการสุ่ม เพื่อศึกษาตามกรณีฟิสิกส์ศึกษา สองส่วน คือกรณีศึกษาเงื่อนไขการวัดจากลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ความคิดรวบยอดต่างกัน หรือกรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน ($O:F$) $\times$ P คือ ส่วนที่เก็บข้อมูลมาจากห้องเรียนห้องที่ 1 จำนวนนักเรียน 44 คน แบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 22 คน ได้จากการสุ่มมาเพื่อรับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม วิชานิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน จำนวน 4 ชุด และแบบประเมินประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม วิชานิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน จำนวน 4 ชุด ซึ่งมีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่แตกต่างกันในการวัด 2 ครั้ง โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับแบบประเมินที่ต่างชุดที่มีสถานการณ์ทดสอบต่างกัน แต่มีคุณสมบัติความสมมูล โดยนักเรียนที่แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งจำนวนนักเรียนภายในแต่ละกลุ่มได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย ซึ่งใช้เกณฑ์ภายนอก คือนักเรียนมีผลการเรียนในรายวิชานิสิกส์ที่ไม่แตกต่างกัน โดยในกลุ่มที่ 1 นักเรียนจะได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 1 ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม ชุดที่ 3 (CS) ในกลุ่มที่ 2 นักเรียนจะได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อมชุดที่ 4 ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 4 (SC) ซึ่งกระบวนการแบ่งกลุ่มตามฟิสิกส์ในการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน ($O:F$) $\times$ P ดังกล่าวจะทำให้เห็นข้อมูลของนักเรียนในห้องเรียน

กรณีศึกษาฟิสิกส์เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่เหมือนกัน ที่มีการวัดซ้ำที่แตกต่างกันของกรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้เต็มรูป ($P \times O \times F$) คือ ส่วนที่เก็บข้อมูลมาจากห้องเรียนห้องที่ 4 แบ่งจำนวนนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 22 คน โดยกลุ่มที่ 1 ใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CC) ในการวัดทั้งสองครั้ง โดยในการวัด 1 ครั้ง ใช้จำนวนการประเมินสองครั้ง คือ ได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ชุดที่ 1 และชุดที่ 4 ใช้เวลาในการประเมินทั้งหมดทั้งสองชุดจำนวน 90 นาที และในการวัด 2 ครั้ง นักเรียนได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 2 และ ชุดที่ 3 ใช้เวลาในการประเมิน 90 นาที และกลุ่มที่ได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) จำนวนนักเรียน 22 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่นักเรียนในกลุ่มแรก ที่ได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) วิชานิสิกส์ ชุดที่ 3 และชุดที่ 4 ตามลำดับ ในการวัด 1 ครั้ง ทั้งสองครั้งในการวัด ใช้เวลาในการประเมินทั้งหมดทั้งสองชุดจำนวน 90 นาที และในการวัดครั้งที่ 2 นักเรียนในกลุ่มเดิม

ได้รับแบบประเมินแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) วิชาฟิสิกส์ ชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2 ใช้เวลาในการประเมินทั้งหมดทั้งสองชุดจำนวน 90 นาที

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย โดยได้ผลสรุปตามลำดับดังต่อไปนี้

1. ผลจากการพัฒนาเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน จำนวน 8 ชุด

ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยสร้างเป็นแบบทดสอบอัตนัยที่มีความมุ่งหมาย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินความคิดรวบยอดในเรื่องงานและพลังงาน จากการเรียนการสอนในห้องเรียน ซึ่งแบ่ง เป็น 2 รูปแบบ จำนวน 8 ชุดที่มีสถานการณ์ในการทดสอบที่แตกต่างกัน แต่วัดในสาระสำคัญเดียวกัน คือ ความสัมพันธ์ระหว่างสูตร งานเท่ากับ แรง คูณการกระจัด และ งานที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ซึ่งรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอด ประกอบด้วย แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ที่ประกอบด้วยชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 และแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมประกอบด้วยชุดที่ 1, 2, 3 และ 4

2. คุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน จำนวน 8 ชุด สามารถสรุปได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 คุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ที่ประกอบด้วยชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 ประกอบด้วย ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) มีค่าตั้งแต่ 0.94 ถึง 1.00 ค่าความยาก (Difficulty index) มีค่าตั้งแต่ 0.24 ถึง 0.88 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) มีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.75 คุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม วิชาฟิสิกส์ ที่ประกอบด้วยชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 ประกอบด้วย ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) มีค่าตั้งแต่ 0.94 ถึง 1.00 ค่าความยาก (Difficulty index) มีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.88 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) มีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.75

2.2 คะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่ประกอบด้วยชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 34.85 ถึง 39.92 และแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมประกอบด้วยชุดที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 39.15 ถึง 42.96 โดยคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม สำหรับคะแนนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผัง

โมทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ปรากฏมีค่าคะแนน อยู่ระหว่าง 3.29 ถึง 7.10 แสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโมทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม มีการกระจายที่ใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกันกับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโมทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ที่มีค่าคะแนน สำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าคะแนนปรากฏในช่วงระหว่าง 3.78 ถึง 4.67 แสดงว่าแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโมทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม มีการกระจายที่ใกล้เคียงกัน

3. ผลการเปรียบเทียบคุณภาพด้านค่าความเชื่อมั่นของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง โดยใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโมทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 รูปแบบ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบและเปรียบเทียบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโมทัศน์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสมบูรณ์ (P^2_{Abs}) และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์ (P^2_{Rel}) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Edu-G การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโมทัศน์ ซึ่งออกแบบการวัดแบบสองฟาเซตที่มีกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน (Partially nested design) ที่แตกต่างกันตามความมุ่งหมายที่ศึกษา โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของผลการใช้รูปแบบของแบบประเมินที่มีลำดับการสร้างแผนผังโมทัศน์ที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ออกแบบกรณีการวัดเป็น (O:F) x P เมื่อ P แทน นักเรียน O แทนการวัดซ้ำ และ F แทนลำดับของการสร้างแผนผังโมทัศน์ ที่มีการแบ่งผู้เรียนในห้อง 4/1 ออกเป็นกลุ่มละ 22 คน จำนวน 2 กลุ่ม และความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของผลจากการวัดซ้ำในการวัด เมื่อรูปแบบของแบบประเมินมีการใช้ที่เหมือนกัน กรณีการวัดแบบไขว้เต็มรูป ($P \times O \times F$) เมื่อ P แทนนักเรียน O แทนการวัดซ้ำในการวัด และ F แทน รูปแบบของแบบประเมินที่เหมือนกัน ที่มีการจัดกระทำในนักเรียนห้อง 4/4 มีการแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 22 คน ซึ่งมีการปรับค่าคะแนนเต็มของรูปแบบของแบบประเมินให้มีค่าที่เท่ากันเท่ากับ 47 คะแนน ในการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient)

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงในขั้นตอนของการศึกษา G- Study กรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน (O:F) x P ที่ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายในการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของการวัดซ้ำต่างกัน และลำดับของการสร้างแผนผังโมทัศน์แตกต่างกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่ได้มาจะนำเสนอในภาพรวมของการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังโมทัศน์ที่แตกต่างกัน ระหว่าง 2 กลุ่ม

คือ ในกลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 1 ครั้ง และในการวัด 2 ครั้ง ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CS $\rightarrow$ SC) มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ มีค่าเท่ากับ 0.96 ซึ่งมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่ได้จากกลุ่มนักเรียนที่ได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในการวัด 1 ครั้ง และได้รับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม ในการวัด 2 ครั้ง (SC $\rightarrow$ CS) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.54 เนื่องจากผู้วิจัยต้องการทราบว่าในรายละเอียดในแต่ละครั้งจากการวัดนั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงด้วยสถิติทดสอบ t-test ของพิทแมน พบว่า มีค่าระดับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงในขั้นตอนการศึกษา D- Study กรณีการออกแบบการวัดแบบไขว้ได้มรูป (P $\times$ O $\times$ F) ที่ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายในการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของการวัดซ้ำที่แตกต่างกัน เมื่อรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์เหมือนกัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่ได้จะนำเสนอในภาพรวมของการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CC) และแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (SS) เมื่อทำการวัด 1 ครั้ง มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง เท่ากับ 0.52 ซึ่งมีค่าที่แตกต่าง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ที่ได้จากการวัด 2 ครั้ง ที่มีค่าเท่ากับ 0.69 แสดงให้เห็นว่าในการวัด 2 ครั้ง ของการใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีรูปแบบของแบบประเมินเหมือนกัน จะทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสูงกว่าในการวัด 1 ครั้ง ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบสมมติฐาน t-test ของพิทแมน พบว่าค่าที่ได้จากการวัด 2 ครั้ง มีค่าที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และในกลุ่มนักเรียน จำนวน 22 คน ที่ได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในการวัด 2 ครั้ง มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 0.58 ซึ่งสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงในการวัด 1 ครั้ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.40 และเมื่อทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ด้วยสถิติทดสอบ t-test ของพิทแมน พบว่าค่าที่ได้จากการวัด 2 ครั้ง มีค่าที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จากค่าที่ได้จากการวัด 1 ครั้ง

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้สามารถอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

1 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์แตกต่างกัน สำหรับกรณีการออกแบบการวัดแบบแฝงบางส่วน (Partially Nested Design ; (O:F) x P พบว่า เมื่อทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงด้วยค่า t -test ของพิทแมน โดยกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม(CS) ในการวัด 1 ครั้ง ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมในการวัด 2 ครั้ง (SC) (CS $\rightarrow$ SC) มีค่าเท่ากับ 0.96 และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) เมื่อวัด 1 ครั้ง และลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 2 ครั้ง(SC $\rightarrow$ CS) มีค่าเท่ากับ 0.54 ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานที่มีลำดับแตกต่างกันส่งผลต่อคุณภาพค่าความเชื่อมั่นในกระบวนการสร้างความคิดรวบยอดที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของออสซูเบล (Ausubel. 1968: 289) ได้กล่าวถึงลำดับของการคิดมีผลต่อการถ่ายโยงความรู้กล่าวคือ เมื่อนักเรียนได้รับลำดับของกระบวนการคิดที่เหมาะสมนักเรียนจะสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ และทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพเพื่อสร้างกระบวนการความคิดรวบยอดได้ ในที่นี้ลำดับของการคิดที่ได้จากคะแนนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อม มีความแตกต่างค่อนข้างมาก ในกระบวนการตอบสนองต่อลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งพบว่าการตอบสนองต่อรูปแบบของแบบประเมินด้วยลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม นั้น ส่งผลให้กระบวนการย้อนกลับทางด้านความรู้น้อยกว่าลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ซึ่งสาเหตุดังกล่าว เป็นไปตามที่ออสซูเบล (Ausubel. 1968: 298) ได้เสนอว่ากระบวนการตอบสนองของรูปแบบการเลือกคำตอบนั้น จะสะท้อนกระบวนการย้อนกลับ(Covert) ได้อย่างชัดเจน (Overt) ได้น้อยกว่ากระบวนการแบบการสร้างคำตอบ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้พบความแตกต่างที่ชัดเจนในกระบวนการสร้างความคิดรวบยอดของลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC) ในการวัด 1 ครั้ง และลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 2 ครั้ง (SC $\rightarrow$ CS) เมื่อเปรียบเทียบกับลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตาม

ด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (CS) ในการวัด 1 ครั้ง ไปสู่ลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (SC)(CS -SC)

2. ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม เมื่อวัดซ้ำด้วยจำนวนแตกต่างกัน กรณีการออกแบบการวัดไขว้เติมรูป ($P \times O \times F$) เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบเลือกคำเชื่อม (SS) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบเลือกคำเชื่อม (SS) เมื่อมีวัดซ้ำ พบว่าในการวัด 2 ครั้งของการใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อมมีค่าสูงกว่า ในการวัด 1 ครั้ง ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบเลือกคำเชื่อม ที่มีลักษณะที่กำหนดให้นักเรียนเลือกใช้คำเชื่อม นั้นมีผลให้นักเรียนถ่ายทอดความคิดรวบยอดได้ค่อนข้างจำกัด การวัดซ้ำเพียงครั้งเดียว อาจวัดความรู้ของนักเรียนได้ไม่ครอบคลุม ซึ่งผลที่ได้จึงมีความแตกต่างโดยในการวัดซ้ำ 2 ครั้ง และสูงกว่า ในการวัด 1 ครั้ง ซึ่งไปสอดคล้องกับคำแนะนำที่ครอนบาค เบรนนอน และฮาร์เทล (Shavelson; Ruiz-Primo; & Willey. 1999 Spring: 62 citing Cronbach; Brennan; & Haertel. 1997) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าการวัดด้วยโอกาส occasions ซึ่งวิธีการวัดเพียงครั้งเดียว สามารถเกิดกรณีที่นักเรียนคนนั้นอาจได้ทำคะแนนผลดีเกินคาด จากการประเมินมากกว่าสภาพความรู้จริง (virtue) หรือทำคะแนนได้ไม่ดี เนื่องจากสภาพการเจ็บป่วย ซึ่งก่อให้เกิดแหล่งของความแปรปรวนโดยทั่วไปด้วยเช่นกัน ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CC) เมื่อทำการวัดซ้ำแตกต่างกัน คือ ในการวัด 2 ครั้งของการใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม มีค่าที่แตกต่างจากในการวัด 1 ครั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ในการวัด 2 ครั้งจะแสดงถึงระดับความเชื่อมั่นของค่าคะแนนที่ได้จากแบบประเมินที่สูงกว่า ในการวัด 1 ครั้ง จึงทำให้เกิดความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำที่ครอนบาค เบรนนอนและฮาร์เทล (Shavelson; Ruiz-Primo; & Willey. 1999 Spring :62 citing Cronbach; Brennan; & Haertel. 1997) ได้ให้ข้อเสนอแนะ ว่าการวัดด้วยจำนวนครั้งในการวัด occasions ซึ่งวิธีการวัดเพียงครั้งเดียว สามารถเกิดกรณีที่นักเรียนคนนั้นอาจได้ทำคะแนนผลดีเกินคาด จากการประเมินมากกว่าสภาพความรู้จริง

(virtue) หรือทำคะแนนได้ไม่ดี เนื่องจากสภาพการเจ็บป่วย ซึ่งก่อให้เกิดแหล่งของความแปรปรวนโดยทั่วไป ซึ่งจำนวนครั้งในการวัดซ้ำรวมอยู่ด้วยได้เสนอไว้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในกรณีที่ครูผู้สอนต้องการทราบความคิดรวบยอดในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน สามารถทำการประเมินด้วยลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม ไปสู่ลำดับการสร้างแผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยจากแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (CS $\rightarrow$ SC) ให้ผลในการประเมินที่สูงกว่าเมื่อประเมินด้วยลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ไปสู่ลำดับการสร้างแผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการเลือกคำเชื่อม (SC $\rightarrow$ CS)
2. ในกรณีที่ครูผู้สอนต้องการทราบความคิดรวบยอดในรายวิชาฟิสิกส์ ฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมควรทำการประเมินด้วย การวัดซ้ำ 2 ครั้ง
3. กรณีที่ครูผู้สอนต้องการทราบความคิดรวบยอดในรายวิชาฟิสิกส์ ฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน แบบการเลือกคำเชื่อม ควรทำการประเมิน 2 ครั้ง
4. ควรนำแบบประเมินไปประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้ผังมโนทัศน์ที่ควบคู่กับกิจกรรมการเรียนการสอน ที่ประเมินในลักษณะการประเมินความก้าวหน้า

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. กรณีการศึกษาผลของจำนวนครั้งในการวัดซ้ำของกระบวนการคิดรวบยอดควรตรวจสอบลักษณะเทียบกับฟ้าเซตของการตอบในลักษณะการจำกัดคำตอบ และแบบไม่จำกัดคำตอบ
2. ควรมีการทดสอบวิธีการประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้ผังมโนทัศน์ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นทางเลือกในการทดสอบท้ายบทเรียน



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พร้อมกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง และพระราชบัญญัติการศึกษาภาคบังคับ. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กรมวิชาการ. (2545). สารและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- ดวงใจ สีเขียว. (2549). การพัฒนาระบบการประเมินนิสิต/นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ตาม แนวคิดการประเมินแบบ 360 องศา โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิง. วิทยานิพนธ์ คด. (การวัดและประเมินผลทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ชูศรี วงศ์รัตน์ (2546) เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 9 :กรุงเทพ เทพเนรมิตการพิมพ์
- ทัทมณี ชูขวัญ. (2548). การเปรียบเทียบคุณภาพของการประเมินความคิดรวบยอดวิชา คณิตศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีการตรวจการให้คะแนนด้วยวิธีที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์. ค.ม. (การวัดและประเมินผลทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ทิตนา แหมมณี. (2548). รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย; และ สุวิมล ว่องวาณิช. (2543). การให้คำปรึกษาปริญญานิพนธ์. กรุงเทพฯ : ส่วนวิจัยและพัฒนา สำนักมาตรฐานอุดมศึกษา.
- น้ำผึ้ง อินทะเนตร. (2554). การศึกษาคูณลักษณะของคะแนนแบบทดสอบปลายเปิดวิชา คณิตศาสตร์เมื่อจำนวนผู้ตรวจและรูปแบบการตรวจให้คะแนนต่างกัน โดยใช้โมเดลการ สรุปอ้างอิงและโมเดลหลายองค์ประกอบของราล์ซ. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (การทดสอบ และวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. (2547). แบบทดสอบคะแนนจริงสมมูล. ใน การวัดและการประเมินผล ทางการศึกษา: สารานุกรมศึกษาศาสตร์ ฉบับรวมเล่มเฉพาะเรื่องอันดับ 3. สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. หน้า 144-147. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1 . พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาสารคาม: สุวีริยาสาส์น.
- บุรินทร์ กำจัดภัย. (2540, มกราคม-มิถุนายน). ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ ปรัชญา. มหาวิทยาลัย นเรศวร 5(1). 109-110.

- ประถมพร โคตา. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนมิติ. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2546). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือกรุงเทพ.
- พันธ์ ทองชุมนุ. (2547). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: โอเอสพริ้นติ้งเฮ้าส์.
- เพ็ญพิไล ฤทธาคนานนท์. (2536). จิตวิทยาการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: เอส ดี เพรส.
- มนัส บุญประกอบ. (2548). ซีเอ็ม แนวทางการจัดระบบความคิด. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- บุษฎี ภู่วัฒเมือง. (2549). ผลการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชลธารวิทยา จังหวัดชุมพร. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. (2540). เอกสารประกอบการสอนแบบแผนการทดลองเชิงสถิติ. ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร: กรุงเทพฯ.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วนิดา ภู่อี่ยม. (2550). การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบสอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมแบบสองระดับ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การวัดและประเมินผลทางการศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- วิยะดา ระวังสุข. (2545). การประเมินความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การวัดและประเมินผลทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- วิวัฒน์ ศรีไตรรัตน์. (2544). ผลของการสอนเรื่องเศษส่วนโดยใช้กระบวนการสร้างความคิดรวบยอดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์และความสนใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (สาขาวิชาการประถมศึกษา). ปัตตานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่. กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 5 โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2554). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่*. กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 6: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สมนึก บุญพาไสว. (2534. มกราคม – มีนาคม). *การแก้ปัญหาโมดูลในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์*. วารสารสสวท.73 ,19-21
- สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. (2530). *การประเมินผลการเรียนระดับมัธยมศึกษา*. สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ
- สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554ก). *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6*. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของ สกสค.
- . (2554ข). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6*. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของ สกสค.
- . (2546). *คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุรางค์ ไคว้ตระกูล. (2554). *จิตวิทยาการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่10. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์ การสอนคิดเชิงมโนทัศน์*. กรุงเทพฯ: ดวงกลมสมัย.
- สุวิทย์ มูลคำ; และอรทัย มูลคำ. (2545). *21 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.
- สุกัญญา ศิริเลิศพรรณ. (2553) *ผลของการใช้เทคนิคแผนที่ความคิดในการสอนคณิตศาสตร์เรื่อง โจทย์ปัญหาสมการกำลังสองที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- เสาวนีย์ มาตรา. (2554). *ผลการศึกษาการใช้แผนผังมโนทัศน์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ภายใต้รูปแบบการสอนแบบ 3 ขั้นของ Underhill เรื่อง คู่อันดับและกราฟ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์. กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน), ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- องอาจ นัยพัฒน์. (2552). *การออกแบบการวิจัย วิธีการเชิงปริมาณ เชิงคุณภาพและผสมผสานวิธีการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุษณีย์ บัวศิริพันธ์ (2543). *การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการตรวจ จำนวนผู้ตรวจ และประสบการณ์ของผู้ตรวจแตกต่างกัน*. ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Abraham, M.R., & Williamson, V.M. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31: 147 -165.

- Asan, A. (2007). Concept Mapping in Science Class: A Case Study of fifth grade students. *Educational Technology & Society*, 10(1): 186-195.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1968). Educational psychology: A cognitive view.
- Brennan, J. (1983). *Understanding Educational Measurement and Evaluation*. Boston: Houton Mifflin Company.
- Brennan, Robert L. (2001). *Generalizability Theory*. Iowa: Springer-Verlag New York.
- Cassidy, A. ; Griffiths, T.; & Nakoechny, J. (2001,September). *Concept Mapping: Mirroring 4 Processes of Thinking and Learning. TAPESTRY*. Retrieved November 1, 2012 from [http:// tag.ubc.ca/wp./tapestry20014-conceptmapping.pdf](http://tag.ubc.ca/wp./tapestry20014-conceptmapping.pdf)
- Crocker, L. ; & Algina, J. (1986). *Introduction to classical and modern test theory*. Orlando, FL: Harcourt Brace Jovanovich.
- Cronbach, L.J., Gleser, G.C., Nanda, H. & Rajaratnam, N. (1972). *The dependability of behavioral measurement.: Theory of Generalizability of Scores and profiles*. New York : John Wiley.
- Cronbach, L.J.; Linn, R.J; Brennan, R.L.; Heartel, E.H. (1997, June). *Generalizability analysis performance assessment of student achievement or school effectiveness*. *Education Psychological Measurement*, 57(3): 373 -399.
- Feldt ,Leonard S. (1980, March). *A Test of Hypothesis that's Cronbach's alpha Reliability Coefficient the Same for Two Test Administered to The Same Sample*. *Psychometrika*. 45(1): 101-102
- Kinchin ,I.M. (2000). *Using Concept maps to reveal understanding*. *School Science Review* 81(296): 41 – 46
- De Cecco . J.P. (1968). *The Psychology of Learning Instruction : Education Psychology*. New Jersey: Prentice Hall, Inc
- Goodwin, W.L.; & H.L. Klausmeier. (1975). *An Introduction to Education Psychology*. New York: Harper & Row Publishers.
- Lanzing, J.W.A. (2000). *The concept mapping Homepage*. Retrieved November 21, 2012 from <http://www.utc.edu/Administration/WalkerTeachingResourceCenter/FacultyDevelopment/ConceptMapping/>
- Mcclure, J.R.; Sonak ,B; & Suen,H.K.. (1999). Concept Map Assessment of classroom Learning: Reliability, validity, Logustical Practicality *Journal of Research in science teaching* 36(4) : 475 –492.
- Murphy, K. & Myers, B. (2004). *Statistical Power Analysis: A Simple and General Model for Traditional and Modern Hypothesis Tests*. 2nd ed. New Jersey: Mahwah.

- Novak, J.D; & Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge Press.
- Novak, J. D. (1991). Clarify with concept maps. *The Science Teacher*, 58(7): 45-49.
- Plotnick Erick. (1997). Concept Mapping:A Graphical System For Understanding The Relationship between Concepts. ERIC Digest Retrieved November 21, 2012 from <http://www.ericdigests.org/1998-1/concept.htm>.
- Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problem and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6): 569–600.
- Ruiz-Primo M.A.; Schultz, S.E. Li,M, & Shavelson, R.J. (1997, August). Concept Map Based Assessment in Science: Two exploratory Studies. CSE Technical report No 436 Los Angeles: University of California, National Center for Research on Evaluation. Standard , and Student testing.
- Ruiz-Primo, M A.; Li, M; Ayala, C; & Shavelson, Richard J (2004). Evaluating students' science notebooks as an assessment tool. *International Journal of Science Education*. 26 (12): 1477-1506.
- Ruiz-Primo M.A., Schultz, S.E.; Li,M.; & Shavelson, R.J. (2001). Comparison of the reliability and validity of score from two concept mapping techniques. *Journal of Research in Science Teaching*. 38(2): 260-278.
- Shavelson, R.j., & Webb, N.M. (1991). *Generalizability theory: A primer volume 1*. California: SAGE.
- Shavelson, R.J. Ruiz-Primo, M.A. & Wiley, E.D. (1999, Spring). Note on Source of Sampling Variability in Science Performance Assessments. *Journal of Educational Measurement* 36(1): 61-71.
- Woodruff, David J.; & Feldt, Leonard S. (1987, March). Test for Equality of several Alpha Coefficients when their Sample Estimates Dependent, *Psychometrika*. 51: 293-313
- Yin, Y & Shavelson, R. J. (2008, July). Application of Generalizability Theory to Concept Map Assessment Research. *Applied Measurement in Education* 21(3): 273-291.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
คู่มือเกณฑ์การตรวจให้คะแนน
ผังเกณฑ์เฉลย

คู่มือการใช้แบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน

จุดมุ่งหมาย

แบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์รายวิชาฟิสิกส์ ในงานวิจัยในครั้งนี้ได้ถูกออกแบบขึ้น เพื่อใช้สำหรับประเมินความคิดรวบยอด ในแนวคิดเรื่องงานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ โดยทางสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดขึ้นในหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังในตารางต่อไปนี้ รายละเอียดต่อไปนี้

ตาราง 40 ผลการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่องงานและพลังงาน

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
1. อธิบายงานและวิเคราะห์งานของแรงต่างๆ	1. เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุและการกระทำอยู่ในแนวเดียวกันกับเกิดงานของแรงนั้น งานของแรงที่กระทำต่อวัตถุหาจากผลคูณของแรงกับการกระทำในแนวของแรง และอาจหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงในแนวการเคลื่อนที่กับการกระทำ
2. อธิบายพลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์และความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน	2. พลังงานเป็นความสามารถในการทำงาน พลังงานจลน์เป็นพลังงานที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ พลังงานศักย์เป็นพลังงานของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่างอันเป็นผลเนื่องมาจากแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น เช่น พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น งานพลังงานมีความสัมพันธ์กันโดยงานของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความคิดรวบยอด หมายถึง การรับรู้ที่ผ่านมาจากประสบการณ์และ ความเข้าใจในกระบวนการคิด ที่สามารถนำมาจัดกลุ่ม แบ่งชั้นเข้าไว้ด้วยกันที่สามารถถ่ายทอดออกมาในการเขียนแผนผังมโนทัศน์ โดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ซึ่งแสดงออกผ่านการเชื่อมคำเชื่อมในมโนทัศน์แต่ละระดับ

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ หมายถึง แบบทดสอบชนิดอัตนัยที่มีรูปแบบการเขียนโดยการถ่ายทอดความรู้ ผ่านการวาดผังมโนทัศน์ตามลำดับชั้น เพื่อเชื่อมโยงความคิดรวบยอดในรายวิชาฟิสิกส์ โดยประเมินในเนื้อหาเรื่องงานและพลังงาน ซึ่งใช้ในการประเมินนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม (construct- a- map with selected linking phrases ; S) หมายถึงแบบทดสอบชนิดอัตนัยเรื่องงานและพลังงานที่มีรูปแบบการเขียนโดยการถ่ายทอดความรู้ ผ่านการวาดผังมโนทัศน์ตามลำดับชั้นของเนื้อหาที่แสดงความสัมพันธ์จากบนลงล่าง เพื่อเชื่อมโยงความคิดรวบยอดในรายวิชาฟิสิกส์ รวมทั้งมีการกำหนดเกณฑ์และระดับคุณภาพ โดยกำหนดคำโนทัศน์และคำเชื่อมทั้งหมดมาให้เพื่อให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์ให้สมบูรณ์สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน คือ การใช้คำเชื่อม มี 3 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 1 และการจัดระบบความสัมพันธ์ของคำโนทัศน์ มี 2 ระดับ คือ 0 และ 1

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม (construct –a- map with created linking phrases ; C) หมายถึง แบบทดสอบชนิดอัตนัยเรื่องงานและพลังงานที่มีรูปแบบการเขียนโดยการถ่ายทอดความรู้ ผ่านการวาดผังมโนทัศน์ตามลำดับชั้นของเนื้อหาที่แสดงความสัมพันธ์จากบนลงล่าง เพื่อเชื่อมโยงความคิดรวบยอดในรายวิชาฟิสิกส์ รวมทั้งมีการกำหนดเกณฑ์และระดับคุณภาพ โดยกำหนดคำโนทัศน์ทั้งหมดและมีเงื่อนไขให้นักเรียนสร้างคำเชื่อม เพื่อสร้างแผนผังมโนทัศน์จนสมบูรณ์ สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน คือ การใช้คำเชื่อม มี 3 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 1 และการจัดระบบความสัมพันธ์ของคำโนทัศน์ มี 2 ระดับ คือ 0 และ 1

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนรายด้าน สำหรับการตรวจให้คะแนนในแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ตามปรากฏในตาราง 41 ดังนี้

ตาราง 41 เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์รายวิชาฟิสิกส์
แบบรายด้าน (analytic scoring)

คะแนนแบบรายด้าน	ระดับ คะแนน	ประเด็นพิจารณา
การใช้คำเชื่อม	1	คำเชื่อมที่ใช้แสดงมีเหตุผลตาม วิทยาศาสตร์ ถูกต้องตาม หลักการทางฟิสิกส์เบื้องต้น มี ความเป็นไปได้
	0.5	คำเชื่อมที่ใช้มีความสัมพันธ์ ถูกต้องตามหลักการโดยทั่วไป แต่ยังไม่ได้มีความหมายที่แสดง ให้เห็นแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ลึกซึ้ง มีความเป็นไปได้บางส่วน
	0	คำที่ใช้เชื่อมไม่ได้แสดง ความสัมพันธ์ ในทาง วิทยาศาสตร์ และหลักการ โดยทั่วไป ไม่มีความเป็นไปได้ ของระหว่างคู่ของคำ
การจัดระบบความสัมพันธ์ของ คำมโนทัศน์	1	มีการจัดระบบความสัมพันธ์ที่ ถูกต้อง ระหว่างคู่ของคำ มีความ เป็นไปได้ของคำที่ใช้
	0	แนวความคิดลำดับของคำถูกจัด กลุ่มในลำดับเดียวกัน
	0	ไม่มีการจัดระบบความสัมพันธ์ที่ เป็นระบบ คำมโนทัศน์ที่อยู่ต่าง ระดับอยู่ในระดับเดียวกัน

ตัวอย่างการให้คะแนน คำมโนทัศน์ ที่ได้สรุปผล จากการตรวจให้คะแนนของนักเรียน

แบบการสร้างผังคำและสร้างคำเชื่อม

วิธีการตรวจให้คะแนนแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์

กล่าวคือ แยกแบบประเมิน นักเรียนออกเป็น สองส่วน คือส่วนที่มีรูปแบบการตอบใกล้เคียงกับแผนผังมโนทัศน์ในส่วนเฉลยแบบเต็มรูป โดยผู้ตรวจจะต้องตรวจสอบว่านักเรียนคนใดบ้างที่สามารถทำแบบประเมินได้ตรง หรือใกล้เคียงกับแบบเฉลย จากการสังเกตการจัดเรียงระบบความสัมพันธ์ ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบ ให้มีการจัดเรียงคำมโนทัศน์จากบนลงล่าง เป็นส่วนที่หนึ่ง

ในส่วนที่สองผู้ตรวจจะแยกแบบประเมินที่มีการตอบที่แตกต่างจากแบบประเมินแผนผังในส่วนที่เป็นเฉลยอย่างมากออกจากส่วนที่เป็นแบบเฉลยที่กำหนดไว้ก่อนกัน ซึ่งการตรวจในส่วนนี้ ผู้ตรวจจำเป็นต้องต้องใช้ความพยายามในการเข้าใจระบบการจัดลำดับคำมโนทัศน์ที่มีความเป็นไปได้อาจจะสามารถสังเกตได้จากการอ่านคำตอบของแผนผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ คำมโนทัศน์ หลักตามด้วยคำเชื่อม และมโนทัศน์รอง โดยพิจารณาตามคู่ของคำมโนทัศน์

คำอธิบายในการตรวจ แบบประเมินที่มีแนวคิดใกล้เคียงจากผังมโนทัศน์เฉลย

ในส่วนของผังเฉลย ผู้วิจัยได้กำหนดคำมโนทัศน์หลัก ที่เป็นสาระสำคัญในแบบประเมินความคิดรวบยอด คืองาน ผู้วิจัยได้กำหนดให้คำมโนทัศน์รอง คือ งานเป็น บวก งานเป็นลบ และงานเป็นศูนย์ ซึ่งคำมโนทัศน์รองจำเป็นต้องมีความคงที่ ที่สามารถแตกประเด็นมาจากมโนทัศน์หลัก คือ งาน แต่ในส่วนมโนทัศน์ย่อย และมโนทัศน์เจาะจง นักเรียนสามารถเลือก คำที่กำหนดให้ในกรอบสี่เหลี่ยมมาสร้าง ดังจะเห็นได้จากผังมโนทัศน์ ซึ่งเป็นมโนทัศน์ ในชุดที่ 1 ที่มีการกำหนดสถานการณ์ต่างๆ ตามกรอบสี่เหลี่ยมข้างล่าง

งาน	งานเป็นบวก	งานเป็นลบ	งานเป็นศูนย์	ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็ว
คงตัว	ตีปิงปองในแนวราบ	พายเรือทวนกระแสน้ำ	มีรถรับลูกเบสบอลในแนวราบ	
ขึ้นแบกกระเป๋า	แรงยก	ความสูงที่ยก	แรงของไม้ที่สัมผัสลูกปิงปอง	
ระยะทางที่ลูกปิงปองเคลื่อนที่เคลื่อนที่	แรงที่มีรถรับลูกเบสบอล	ระยะที่มีมือดึงลูกเบสบอลกลับ		
พลังงานศักย์เพิ่ม	พลังงานจลน์ลดลง	น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่	ระยะทางที่	
เรือเคลื่อนที่	แรงต้านของกระแสน้ำ	พลังงานจลน์ลดลง		

โดยในผังมโนทัศน์เฉลย กำหนดให้สถานการณ์ต่างๆ เป็นมโนทัศน์ย่อย ซึ่งผู้วิจัยต้องการให้นักเรียน เห็นความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานโดยผ่าน สถานการณ์ต่างๆ โดยในส่วนของผังเฉลย โดยมี

คำมโนทัศน์หลัก คือ งาน คำมโนทัศน์รอง คือ งานเป็นบวก งานเป็นลบ งานเป็นศูนย์

คำมโนทัศน์ย่อย คือ สถานการณ์ต่างๆ มีทั้งหมด 5 สถานการณ์ คือ ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว ตีปิงปองในแนวราบ พายเรือทวนกระแสน้ำ มีรถรับลูกเบสบอลในแนวราบ ยื่นแบกกระเป๋า

คำมโนทัศน์เจาะจง ทั้งหมด 13 คำ แรงยก ความสูงที่ยก แรงของไม้ที่สัมผัสลูกปิงปอง ระยะทางที่ลูกปิงปองเคลื่อนที่เคลื่อนที่ แรงที่มีรถรับลูกเบสบอล ระยะที่มีมือตึงลูกเบสบอลกลับ พลังงานศักย์เพิ่ม พลังงานจลน์ลดลง น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ ระยะทางที่เรือเคลื่อนที่ แรงต้านของกระแสน้ำ พลังงานจลน์ลดลง พลังงานจลน์เพิ่ม

คำเชื่อมที่ผู้วิจัยได้กำหนดคำตอบในส่วนที่เป็นเฉลยนั้น ระหว่างคำมโนทัศน์หลัก และคำมโนทัศน์รอง คือ คำว่า มีความหมายที่ครอบคลุม ชนิด หรือประเภทของงานทั้ง 3 รูปแบบ ส่วนคำเชื่อมที่ใช้ในคำมโนทัศน์รองและมโนทัศน์ย่อย จะพิจารณาจากแต่ละสถานการณ์ เช่น

สถานการณ์ที่บ่งบอกว่างานเป็นบวก คือ ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว ตีปิงปองในแนวราบ

สถานการณ์ที่บ่งบอกว่างานเป็นลบ คือ พายเรือทวนกระแสน้ำ มีรถรับลูกเบสบอลในแนวราบ

สถานการณ์ที่บ่งบอกว่างานเป็นศูนย์ คือ ยื่นแบกกระเป๋า

ดังนั้น งานเป็นบวก เชื่อมกับสถานการณ์ทดสอบ ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว และสถานการณ์ทดสอบ ตีปิงปองในแนวราบ ด้วยคำว่า เช่น เป็นการอธิบายสถานการณ์ทดสอบซึ่งเป็นตัวอย่างในรูปแบบของงานประเภทนั้น ซึ่งใกล้เคียงกับ งานเป็นลบ เชื่อมกับสถานการณ์ทดสอบ พายเรือทวนกระแสน้ำ และสถานการณ์ทดสอบมีรถรับลูกเบสบอลในแนวราบ ด้วยคำว่า เช่น เป็นการบ่งบอกถึงตัวอย่างของสถานการณ์ทดสอบที่ถูกจัดอยู่ในรูปแบบของงานประเภทนั้น เช่นเดียวกับ งานเป็นศูนย์ เชื่อมกับ ยื่นแบกกระเป๋า ด้วยคำว่า เช่น ซึ่งจากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังรายละเอียดตามตารางที่นำเสนอต่อไปนี้

ตาราง 42 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนค่าเชื่อมระหว่างคำโน้ตโน้ตรอง และคำโน้ตโน้ตย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 1

คำโน้ตโน้ตรอง	คำเชื่อม		คำโน้ตโน้ตย่อย
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
งานเป็นบวก	ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว ดีปิงปองในแนวราบ		
งานเป็นลบ	เช่น ตัวอย่างเช่น ได้แก่	มี	พายเรือทวนกระแสน้ำ มือรับลูกเบสบอลในแนวราบ
งานเป็นศูนย์	ยืนแบกกระเป๋า		

ในส่วนผังเฉลยของคำโน้ตโน้ตย่อยกับคำโน้ตโน้ตรอง จะประกอบด้วยด้วยคำเชื่อม สองส่วน นั่นคือ ส่วนที่หนึ่ง เป็นส่วนที่ขยายสถานการณ์ที่เป็นไปตามหลักการแนวคิดทางฟิสิกส์ นั่นคืองานจะสามารถหาได้จาก แรง (Force) คูณการกระจัด (Distance) เช่น ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว ฉะนั้นแล้ว สถานการณ์แต่ละอย่างจะประกอบ แรง คือ แรงที่ยก การกระจัด คือ ความสูงที่ยก ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดคำเชื่อมที่เป็นคำตอบในผังเฉลยก่อน คือคำว่า ขึ้นกับ ซึ่งเป็นการบ่งบอกว่า การจะคิดงานจาก สถานการณ์ของงานจากการยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว นั้น ต้องขึ้นกับค่าใดบ้าง เป็นการบ่งบอกความสัมพันธ์ของปริมาณงานที่เกิดขึ้นตามแนวคิดทางฟิสิกส์ ในส่วนที่สองจะเป็นส่วนที่เชื่อมโยงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน โดยผ่านสถานการณ์ จากคำโน้ตโน้ตย่อย คือ สถานการณ์ของงานจากการยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว ไปสู่คำโน้ตโน้ตรอง คือ พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น โดยผู้วิจัยได้กำหนดคำตอบในผังเฉลย คือ คำว่า ทำให้ เนื่องจาก การยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว ทำให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานด้วย นั่นคือ พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นเหตุผลตามแนวคิดทางฟิสิกส์พื้นฐาน ที่จะทำให้นักเรียนมองเห็นภาพจากความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงาน โดยอาศัย สถานการณ์ตัวอย่างเป็นตัวกลาง

ตาราง 43 เกณฑ์การให้คะแนนคำโน้ตสั้นย่อและคำโน้ตสั้นเจาะจง แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 1

คำโน้ตสั้นย่อ	คำเชื่อม		คำโน้ตสั้นเจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
ยกน้ำหนักขึ้นด้วย ความเร็วคงตัว			แรงยก ความสูงที่ยก
ตีปิงปองในแนวราบ	ขึ้นกับ สามารถหาได้จาก	มี	แรงของไม้ที่สัมผัสลูกปิงปอง ระยะทางที่ลูกปิงปองเคลื่อนที่
พายเรือทวนกระแสน้ำ	ผลคูณของ หาได้จาก	ประกอบด้วย	ระยะทางที่เรือเคลื่อนที่ แรงต้านของกระแสน้ำ
มือรับลูกเบสบอลใน แนวราบ			แรงที่มือรับลูกเบสบอล ระยะที่มือดึงลูกเบสบอลกลับ
ยื่นแบกกระเป๋า	มี/ประกอบด้วย	โดย	น้ำหนักตั้งฉากกับการ เคลื่อนที่
ยกน้ำหนักขึ้นด้วย ความเร็วคงตัว	ทำให้		พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
ตีปิงปองในแนวราบ	ส่งผล ก่อให้เกิด	-	พลังงานจลน์เพิ่ม
พายเรือทวนกระแสน้ำ			พลังงานจลน์ลดลง
มือรับลูกเบสบอลใน แนวราบ	ทำให้ ส่งผล ก่อให้เกิด		พลังงานจลน์ลดลง

คำอธิบายในการตรวจ แบบประเมินที่มีแนวคิดความแตกต่างจากผังมโนทัศน์เฉลี่ย

การตรวจในรูปแบบที่มีความแตกต่างของคำตอบที่มาจากจัดเรียงเป็นผังมโนทัศน์นั้น ผู้วิจัยขออนุญาตกล่าวถึงข้อตกลงเบื้องต้นในแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ก่อน คือ ผู้วิจัยได้กำหนดคำมโนทัศน์หลัก ซึ่งคงที่มาแล้ว คือ งาน และคำมโนทัศน์รอง คือ งานเป็นบวก งานเป็นลบ งานเป็นศูนย์ ดังนั้น ในส่วนของคำมโนทัศน์ทั้งสองตำแหน่งจะถูกกำหนดแน่นอน ผู้ตรวจจึงต้องแยกส่วนคำตอบของนักเรียนที่ไม่ได้เขียนในส่วนนี้ออกมา เป็นอีกส่วนที่นักเรียนอาจไม่เข้าใจในเนื้อหา หรือ นักเรียนไม่เข้าใจคำสั่ง เป็นส่วนที่ไม่ได้คะแนนหลังจากนั้นผู้ตรวจจำเป็นต้องตรวจในกรณีของคำมโนทัศน์ย่อยและมโนทัศน์เจาะจง ที่แตกต่างจากส่วนที่เฉลี่ย ผู้วิจัยพบว่า มีกรณีที่นักเรียน นำคำในส่วนที่เกี่ยวข้องพลังงานมาเป็นส่วนคำมโนทัศน์ย่อย นั่น คือ พลังงานจลน์เพิ่ม พลังงานศักย์เพิ่ม พลังงานจลน์ลดลง และ แรงแล้วยเป็นศูนย์ ตามกรอบสี่เหลี่ยม ที่ได้จากแบบประเมินความคิดรวบยอดในชุดที่ 1 ซึ่งเป็นสิ่งที่แตกต่างจากผู้วิจัยได้กำหนดไว้ในส่วนเฉลยตอนต้น ในกรณีดังกล่าวผู้ตรวจต้องตรวจดูคำเชื่อมระหว่างคำมโนทัศน์รองกับคำมโนทัศน์ย่อย และคำมโนทัศน์ย่อยกับคำมโนทัศน์เจาะจง

งาน	งานเป็นบวก	งานเป็นลบ	งานเป็นศูนย์	ยกน้ำหนักขึ้นด้วย
ความเร็วคงตัว	ตีปิงปองในแนวราบ	พายเรือทวนกระแสน้ำ	มือรับลูกเบสบอลในแนวราบ	
ยื่นแบกกระเป๋า	แรงยก	ความสูงที่ยก	แรงของไม้ที่สัมผัสผืนลูกปิงปอง	
ระยะทางที่ลูกปิงปองเคลื่อนที่	แรงที่มีมือรับลูกเบสบอล		ระยะที่มีมือดึงลูกเบสบอลกลับ	
พลังงานศักย์เพิ่ม	พลังงานจลน์ลดลง		น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่	
ระยะทางที่เรือเคลื่อนที่	แรงต้านของกระแสน้ำ		พลังงานจลน์ลดลง	

ในการตรวจแบบประเมินในส่วนของ งานเป็นบวก ซึ่งเป็นคำมโนทัศน์รอง หากผู้เรียนได้สร้างคำเชื่อมซึ่งแสดงความสัมพันธ์กับพลังงานศักย์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นคำมโนทัศน์ย่อย โดยแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ จากเดิมผู้วิจัยไม่ได้กำหนด โดยสร้างคำเชื่อมที่ว่า ในกรณีที่เกี่ยวข้องกับ

ในทำนองเดียวกัน ที่มีความเป็นไปได้ ที่นักเรียนได้สร้างคำ เพื่อ แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างคู่ของคำมโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อย ที่มีความเหมาะสม ตัวอย่างเช่น

คำมโนทัศน์รองกับคำมโนทัศน์ย่อย

- กรณีที่ คำมโนทัศน์รอง คือ งานเป็นบวก คำมโนทัศน์ย่อย คือ พลังงานศักย์เพิ่ม
- กรณีที่ คำมโนทัศน์รอง คือ งานเป็นบวก คำมโนทัศน์ย่อย คือ พลังงานจลน์เพิ่ม
- กรณีที่ คำมโนทัศน์รอง คือ งานเป็นลบ คำมโนทัศน์ย่อย คือ พลังงานจลน์ลดลง

คำเชื่อมที่ได้ 0.5 คะแนน ในส่วนที่เกี่ยวข้อง ในส่วนของ ที่อาจจะเป็นส่วนของการพิจารณา เมื่อพิจารณาจาก ในส่วนที่เป็น ซึ่งถือว่าคำที่เชื่อมเหล่านี้ ไม่ได้ขยายภาพทางแนวคิดทางฟิสิกส์ที่สมบูรณ์มากนัก แต่เป็นไปตามหลักการโดยทั่วไป

คำเชื่อมที่ได้ 1 คะแนน ขึ้นกับ เป็นผลมาจาก สาเหตุคือ ซึ่งถือว่าคำที่เชื่อมเหล่านี้ เป็นส่วนที่ขยายให้เห็นภาพจากความสัมพันธ์จากงานและพลังงานโดยตรง มีความเป็นไปได้ ตามแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ชัดเจน

- กรณีที่ คำโน้ตศร็อง คือ งานเป็นศูนย์ คำโน้ตศร็อย คือ น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่

คำเชื่อมที่ได้ 0.5 คะแนน มี ประกอบด้วย โดย ซึ่งถือว่าคำที่เชื่อมเหล่านี้ ไม่ได้ขยายภาพทางแนวคิดทางฟิสิกส์ที่สมบูรณ์มากนัก แต่เป็นไปตามหลักการโดยทั่วไป

คำเชื่อมที่ได้ 1 คะแนน เป็นผลสืบเนื่องมาจาก ขึ้นกับ เป็นผลมาจาก สาเหตุคือ ซึ่งถือว่าคำที่เชื่อมเหล่านี้ เป็นส่วนที่ขยายให้เห็นภาพจากความสัมพันธ์จากงานและพลังงานโดยตรง มีความเป็นไปได้ ตามแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ชัดเจน

หมายเหตุ

ในส่วนของคำโน้ตศร็อง งานเป็นบวก และพลังงานจลน์เพิ่ม ที่เป็นคำโน้ตศร็อย ซึ่งผู้ตรวจจำเป็นต้องเข้าใจว่าพลังงานจลน์เป็นลดลง ที่กำหนดมาให้ทั้งสองคำนั้นไม่สามารถอยู่ในกรณีทำงานเป็นบวกได้ แม้ว่าในกรณีความเป็นจริงแล้วความสัมพันธ์ของงาน นั้นงานเป็นบวก จะมีความสัมพันธ์กับพลังงานศักย์เพิ่มและมีความสัมพันธ์กับพลังงานจลน์ลดลง เกิดขึ้นพร้อมกัน แต่ในทางฟิสิกส์เบื้องต้น นั้นต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการทางฟิสิกส์คร่าวๆ ซึ่งต้องเป็นสิ่งที่ต้องโดดเด่นมากพอที่นักเรียนจะเกิดความคิดรวบยอดที่สรุปและถ่ายทอดออกมาได้ นักเรียนสามารถนำไปใช้ได้ แม้ว่าเวลาผ่านไปนาน ซึ่งนักเรียนอาจมองเห็นภาพที่ว่า งานเป็นบวก แล้ว พลังงานศักย์เพิ่ม หรือ พลังงานจลน์เพิ่มได้ชัดเจนกว่า เพราะสิ่งที่ปรากฏจะอธิบายได้ และผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีบทงานและพลังงานจลน์ตามแบบเรียนฟิสิกส์ ตามที่สสวท.ได้บรรจุเนื้อหาไว้ มาใช้ในการออกแบบด้วย ทำให้เป็นการเน้นความชัดเจนที่ว่างานเป็นลบ มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจลน์ลดลงที่ชัดเจน เป็นเหตุผลหนึ่งที่ผู้วิจัยไม่ได้จัดกลุ่มพลังงานจลน์ลดลงมาใช้ในงานเป็นบวก แต่ถ้ามองที่นักเรียนสร้างมา ผู้ตรวจสามารถให้คะแนนก็ต่อเมื่อ ว่าสถานการณ์ดังกล่าวเกี่ยวข้องกันตามมาหรือไม่

ตาราง 44 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนของคำเชื่อมที่ใช้ในแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ในชุดที่ 1 ระหว่างคำโน้ตสั้นรอง และคำโน้ตสั้นย่อย

คำโน้ตสั้น	คำเชื่อม		คำโน้ตสั้นย่อย
	รอง	1 คะแนน	
	0.5 คะแนน		
	-	ในส่วนที่เกี่ยวข้อง ในส่วนของ ที่อาจจะเป็นในส่วนของการ พิจารณา เมื่อพิจารณาจาก ในส่วนที่เป็น	พลังงานศักย์เพิ่ม
งานเป็นบวก	ในส่วนที่เกี่ยวข้อง ในส่วนของ ที่อาจจะเป็นในส่วนของการ พิจารณา เมื่อพิจารณาจาก ในส่วนที่เป็น	ขึ้นกับ เป็นผลมาจาก สาเหตุคือ	พลังงานจลน์เพิ่ม
งานเป็นลบ	ในส่วนที่เกี่ยวข้อง ในส่วนของ ที่อาจจะเป็นในส่วนของการ พิจารณา เมื่อพิจารณาจาก ในส่วนที่เป็น	ขึ้นกับ เป็นผลมาจาก สาเหตุคือ	พลังงานจลน์ลดลง
งานเป็นศูนย์	มี ประกอบด้วย โดย	เป็นผลสืบเนื่องมาจาก ขึ้นกับ	น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่

ชุดที่ 1

ในกรณีคำโน้ตสั้นย่อย คือ พลังงานศักย์เพิ่ม คำโน้ตสั้นเจาะจงที่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ได้ คือ ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว

สถานการณ์ ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์เพิ่ม แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ เนื่องจากแรงที่ยกไม่ใช่แรงลัพธ์ แต่น้ำหนักที่ยกขึ้นจะมีพลังงานศักย์ที่เพิ่มสูงขึ้นจากจุดอ้างอิงจุดเดิม

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์เพิ่ม จะประกอบด้วยค่ามโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ ดีปิงปองในแนวราบ

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยค่ามโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ พายเรือทวนกระแสน้ำ

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยค่ามโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ มีอรับลูกเบสบอลในแนวราบ

ได้ 1 คะแนน เมื่อระบุค่าเชื่อมการใช้คำเชื่อม เช่น ตัวอย่างเช่น ระหว่างค่ามโนทัศน์รอง พลังงานศักย์ที่เพิ่มขึ้น

ตาราง 45 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนของคำเชื่อมที่ใช้ในแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ในชุดที่ 1 ระหว่างค่ามโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อยที่ไม่ใช่ผั้เจลง

ค่ามโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม	ค่ามโนทัศน์เจาะจง
พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น		ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว
พลังงานจลน์เพิ่ม		ดีปิงปองในแนวราบ
พลังงานจลน์ลดลง	เช่น ตัวอย่างเช่น	พายเรือทวนกระแสน้ำ
		มีอรับลูกเบสบอลในแนวราบ
น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่		ยื่นแบกกระเป๋า

การจัดกลุ่มค่ามโนทัศน์เจาะจง

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย พลังงานศักย์เพิ่ม จะประกอบด้วยมโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว และส่วนที่สองมโนทัศน์เจาะจงที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อมคือ แรงที่ยกความสูงที่ยก

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์เพิ่ม จะประกอบด้วยค่ามโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ ดีปิงปองในแนวราบ และส่วนที่สองมโนทัศน์เจาะจงที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อมคือ แรงของไม้ที่สัมผัสลูกปิงปองระยะทางที่ลูกปิงปองเคลื่อนที่

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยค่ามโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ พายเรือทวนกระแสน้ำ และส่วนที่สองค่ามโนทัศน์เจาะจงที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อมคือ ระยะทางที่เรือเคลื่อนที่แรงต้านของกระแสน้ำ

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลดลง จะประกอบด้วยค่ามโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ มีอรับลูกเบสบอลในแนวราบ และส่วนที่สอง

คำอธิบายในการตรวจแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ด้วยการสร้าง
ผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 2

ใช้หลักการเช่นเดียวกับการตรวจในชุดที่ 1 โดยการตรวจนั้นต้องแยกแบบประเมินเป็นสอง
ส่วน คือส่วนที่นักเรียนทำใกล้เคียงกับแบบเฉลย และส่วนที่แตกต่างจากแบบเฉลย ในส่วนผังมโน
ทัศน์เฉลย ผู้วิจัยได้กำหนดคำมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เจาะจง จาก
กรอบสี่เหลี่ยมในชุดที่ 2 ดังนี้

งาน	งานเป็นบวก	งานเป็นลบ	งานเป็นศูนย์	เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว
ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น	งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อสว่านเจาะถนน	งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอกตะปู	พลังงานจลน์ลดลง	พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น
พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น	น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่	เดินหิ้วตระกร้าด้วยความเร็วคงที่	แรงเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปู	แรงที่บันไดกระทำต่อคน
ความสูงที่ขึ้นได้	แรงที่กระทำต่อรถเข็น	ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้	พลังงานจลน์ลดลง	ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้

มโนทัศน์หลัก คือ งาน

มโนทัศน์รอง คือ งานเป็นบวก งานเป็นลบ งานเป็นศูนย์

มโนทัศน์ย่อย คือ เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อสว่านเจาะถนน งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอกตะปู เดินหิ้ว
ตระกร้าด้วยความเร็วคงที่

มโนทัศน์เจาะจง คือ พลังงานจลน์ลดลง พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น พลังงานศักย์
เพิ่มขึ้น น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ แรงเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปู แรงที่บันไดกระทำต่อคน
ความสูงที่ขึ้นได้ แรงที่กระทำต่อรถเข็น ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ แรงที่พื้นถนนกระทำต่อสว่าน
เจาะ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ พลังงานจลน์ลดลง ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้

ตาราง 47 เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำมโนทัศน์หลัก ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้
แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 2

คำมโนทัศน์	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์ย่อย
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
รอง			
งาน	จำแนกได้ แบ่งเป็น	มี	งานเป็นบวก งานเป็นลบ งานเป็นศูนย์

ตาราง 48 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมระหว่างคำมโนทัศน์รอง และคำมโนทัศน์ย่อย
ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้าง
คำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 2

คำมโนทัศน์รอง	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์ย่อย
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
งานเป็นบวก			เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น
งานเป็นลบ	เช่น ตัวอย่างเช่น ได้แก่	มี	งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อส่วนเจาะ ถนน งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปู ขณะตอกตะปู
งานเป็นศูนย์			เดินหิ้วตระกร้าด้วยความเร็วคงที่

ตาราง 49 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมระหว่างคำโน้ตสั้นย่อย และคำโน้ตสั้นเจาะจง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ใน ส่วนเฉลย ชุดที่ 2

คำโน้ตสั้นย่อย	คำเชื่อม		คำโน้ตสั้นเจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
เดินขึ้นบันไดด้วย ความเร็วคงตัว			แรงที่บันไดกระทำต่อคน ความสูงที่ขึ้นได้
ออกแรงเข็นรถเข็นใน ตอนเริ่มต้น	ขึ้นกับ สามารถหาได้จาก	มี ประกอบด้วย	แรงที่กระทำต่อรถเข็น ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อ ส่วนเจาะถนน	ผลคูณของ หาได้จาก		แรงที่พื้นถนนกระทำต่อ ส่วนเจาะ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มี ต่อตะปูขณะตอกตะปู			แรงเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อ ตะปู ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
เดินหัวตระกร้าด้วย ความเร็วคงที่			น้ำหนักตั้งฉากกับการ เคลื่อนที่
เดินขึ้นบันไดด้วย ความเร็วคงตัว			พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
ออกแรงเข็นรถเข็นใน ตอนเริ่มต้น	ทำให้ ส่งผลให้เกิด	มี ประกอบด้วย	พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อ ส่วนเจาะถนน			พลังงานจลน์ลดลง
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มี ต่อตะปูขณะตอกตะปู			พลังงานจลน์ลดลง

ชุดที่ 2

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย คือ พลังงานศักย์เพิ่ม ค่ามโนทัศน์เจาะจงที่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ได้ คือ เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว

สถานการณ์ เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์เพิ่ม แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ เนื่องจากแรงที่บันไดกระทำต่อคน ไม่ใช่แรงลัพธ์ แต่น้ำหนักที่ยกขึ้นจะมีพลังงานศักย์ที่เพิ่มสูงขึ้นจากจุดอ้างอิงจุดเดิม

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์เพิ่ม จะประกอบด้วยค่ามโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยค่ามโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอกตะปู

ในกรณีค่ามโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยค่ามโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อส่วานเจาะถนน

ได้ 1 คะแนน เมื่อระบุคำเชื่อมการใช้คำเชื่อม เช่น ตัวอย่างเช่น ระหว่างค่ามโนทัศน์รอง พลังงานศักย์ที่เพิ่มขึ้น

ตาราง 50 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนของคำเชื่อมที่ใช้ในแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในชุดที่ 2 ระหว่างค่ามโนทัศน์รอง และมโนทัศน์ย่อยที่ไม่ใช่ผังเฉลย

ค่ามโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม	ค่ามโนทัศน์เจาะจง
พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น		เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว
พลังงานจลน์เพิ่ม		ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น
		งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะ
		ตอกตะปู
พลังงานจลน์ลดลง	เช่น ตัวอย่างเช่น	งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อส่วานเจาะ
		ถนน
น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่		ยื่นแบกกระเป๋า

ตาราง 51 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนคำเชื่อมของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในชุดที่ 2 ระหว่างคำโน้ตโน้ตจะจงทั้งสองส่วน

คำโน้ตโน้ตจะจงส่วน แรกที่สัมพันธ์กับโน้ตโน้ตรอง โดยตรง	คำเชื่อม		คำโน้ตโน้ตจะจงส่วนที่ สองที่ขยายมโน้ตโน้ตในส่วนแรก
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็ว คงตัว			แรงที่บันไดกระทำต่อคน ความสูงที่ขึ้นได้
ออกแรงเข็นรถเข็นในตอน เริ่มต้น			แรงที่กระทำต่อรถเข็น ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อ ส่วนจะถนน	ขึ้นกับ หาได้จากผลคูณของ สามารถหาได้จากผลคูณ ของ	มี ประกอบด้วย	แรงที่พื้นถนนกระทำต่อ ส่วนจะ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อ ตะปูขณะตอกตะปู			แรงเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อ ตะปู ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
เกณฑ์การแปลความหมาย			
ระดับคะแนน 0-7	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับที่ควรปรับปรุง		
ระดับคะแนน 8 – 15	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับน้อย		
ระดับคะแนน 16 – 23	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับพอใช้		
ระดับคะแนน 24- 31	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับค่อนข้างดี		
ระดับคะแนน 32 – 39	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดี		
ระดับคะแนน 40- 47	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดีมาก		

คำอธิบายในการตรวจแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้าง
ผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 3

ใช้หลักการเช่นเดียวกับการตรวจในชุดที่ 1 โดยการตรวจนั้นต้องแยกแบบประเมินเป็นสอง
ส่วน คือส่วนที่นักเรียนทำใกล้เคียงกับแบบเฉลย และส่วนที่แตกต่างจากแบบเฉลย ในส่วนผัง
มโนทัศน์เฉลย ผู้วิจัยได้กำหนดคำมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เจาะจง จาก
กรอบสี่เหลี่ยมในชุดที่ 3 ดังนี้

งานเป็นบวก	งานเป็นลบ	งานเป็นศูนย์	งาน	ยีนบนตาซังสปริง	งานที่พื้นกระทำ
ต่อขวานขณะผ่าฟัน	ตีลูกเทนนิสในแนวราบ	การเบรกของรถ	ออกแรงผลักกำแพง		
น้ำหนักคนที่กระทำต่อตาซังระยะทางที่ลูกเทนนิสเคลื่อน	ระยะสปริงหด	แรงที่ไม่			
เทนนิสกระทบลูก	ระยะที่พื้นแตกออก	แรงที่พื้นกระทำต่อด้ามขวาน	แรงต้านการเคลื่อนที่		
ระยะหยุด	พลังงานศักย์ยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น	พลังงานจลน์ลดลง	แรงลัพธ์เป็นศูนย์		
พลังงานจลน์ลดลง	พลังงานจลน์เพิ่ม				

มโนทัศน์หลัก คือ งาน

มโนทัศน์รอง คือ งานเป็นบวก งานเป็นลบ งานเป็นศูนย์

มโนทัศน์ย่อย คือ ยีนบนตาซังสปริง งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟัน ตีลูก
เทนนิสในแนวราบ การเบรกของรถ ออกแรงผลักกำแพง

มโนทัศน์เจาะจง คือ ระยะสปริงหด แรงที่ไม่เทนนิสกระทบลูก ระยะที่พื้นแตกออก
แรงที่พื้นกระทำต่อด้ามขวาน แรงต้านการเคลื่อนที่ ระยะหยุด พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
พลังงานจลน์ลดลง แรงลัพธ์เป็นศูนย์ พลังงานจลน์ลดลง พลังงานจลน์เพิ่ม แรงที่กระทำต่อ
สปริง ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้

ตาราง 52 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้ค่าเชื่อมระหว่างคำโน้ตสั้นรอง และคำโน้ตสั้นย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 3

คำโน้ตสั้นรอง	คำเชื่อม		คำโน้ตสั้นย่อย
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
งานเป็นบวก			ยืนบนตาข้างสปริง
	เช่น		ดีลูทเทนนิสในแนวราบ
งานเป็นลบ	ตัวอย่างเช่น	มี	งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่า
	ได้แก่		พื้น
			การเบรกของรถ
งานเป็นศูนย์			ออกแรงผลักกำแพง

ตาราง 53 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้ค่าเชื่อมระหว่างคำโน้ตสั้นย่อย และคำโน้ตสั้นเจาะจง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 3

คำโน้ตสั้นย่อย	คำเชื่อม		คำโน้ตสั้นเจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
ยืนบนตาข้างสปริง			ระยะสปริงหด
			แรงที่กระทำต่อสปริง
ดีลูทเทนนิสในแนวราบ	ขึ้นกับ		แรงที่ไม่แทนนิสกระทบลูก
	สามารถหาได้จากผล	มี	ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานที่พื้นกระทำต่อ	คูณของ	ประกอบด้วย	ระยะที่พื้นแตกออก
ขวานขณะผ่าพื้น	หาได้จาก		แรงที่พื้นกระทำต่อด้าม
			ขวาน
การเบรกของรถ			แรงต้านการเคลื่อนที่
			ระยะหยุด
ออกแรงผลักกำแพง			แรงลัพธ์เป็นศูนย์

ตาราง 53 (ต่อ)

คำมโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์เจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
ยื่นบนตาชั่งสปริง			<u>พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น</u>
ตุลึงเทนนีสในแนวราบ	ทำให้	มี	<u>พลังงานจลน์เพิ่ม</u>
งานที่พื้นกระทำต่อ ชวานขณะผ่าพื้น	ส่งผลให้เกิด	ประกอบด้วย	<u>พลังงานจลน์ลดลง</u>
การเบรกของรถ			<u>พลังงานจลน์ลดลง</u>

ชุดที่ 3

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย คือ พลังงานศักย์เพิ่ม คำมโนทัศน์เจาะจงที่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ได้ คือ ยื่นบนตาชั่งสปริง

สถานการณ์ ยื่นบนตาชั่งสปริง มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์เพิ่ม แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ เนื่องจาก แรงที่กระทำต่อสปริงไม่ใช่แรงลัพธ์ แต่ระยะสปริงหด มีพลังงานศักย์ที่เปลี่ยนแปลงขึ้นจากจุดอ้างอิงจุดเดิม เป็นค่าคงตัวของนิสสปริง

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์เพิ่ม จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ ตุลึงเทนนีสในแนวราบ

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ งานที่พื้นกระทำต่อชวานขณะผ่าพื้น

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ การเบรกของรถ

ได้ 1 คะแนน เมื่อระบุคำเชื่อมการใช้คำเชื่อม เช่น ตัวอย่างเช่น ระหว่างคำมโนทัศน์รอง พลังงานศักย์ที่เพิ่มขึ้น

ตาราง 54 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนคำเชื่อมของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ในชุดที่ 3 ระหว่างมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์รอง

คำมโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม	คำมโนทัศน์เจาะจง
พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น		ยื่นบนตาชั่งสปริง
พลังงานจลน์เพิ่ม		ตีลูกเทนนิสในแนวราบ
		การเบรกของรถ
พลังงานจลน์ลดลง	เช่น ตัวอย่างเช่น	งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟืน
แรงลัพธ์เป็นศูนย์		ออกแรงผลักกำแพง

การจัดกลุ่มคำมโนทัศน์เจาะจง

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานศักย์เพิ่ม จะประกอบด้วยมโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ ยื่นบนตาชั่งสปริง และส่วนที่สองมโนทัศน์เจาะจงที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อม คือ ระยะสปริงหด แรงที่กระทำต่อสปริง

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์เพิ่ม จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ ตีลูกเทนนิสในแนวราบ และส่วนที่สองมโนทัศน์เจาะจงที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อม คือ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ แรงที่ไม่เเทนนิสกระทบลูก

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟืน และส่วนที่สองคำมโนทัศน์เจาะจงที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อม คือ ระยะที่พื้นแตกออก แรงที่พื้นกระทำต่อด้ามขวาน

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลดลง จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ การเบรกของรถ และส่วนที่สองคือคำมโนทัศน์เจาะจง ที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อม คือ แรงต้านการเคลื่อนที่ระยะหยุด

ได้ 1 คะแนน เมื่อมีการใช้คำเชื่อม ขึ้นกับ หาได้จาก สามารถหาได้จาก ระหว่างคำมโนทัศน์เจาะจง ส่วนแรกกับส่วนที่สอง

คำอธิบายในการตรวจแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ด้วยการสร้างผังคำ และคำเชื่อม ชุดที่ 4

ใช้หลักการเช่นเดียวกับการตรวจในชุดที่ 1 โดยการตรวจนั้นต้องแยกแบบประเมินเป็นสอง ส่วน คือส่วนที่นักเรียนทำใกล้เคียงกับแบบเฉลย และส่วนที่แตกต่างจากแบบเฉลย ในส่วนผังมโนทัศน์เฉลย ผู้วิจัยได้กำหนดคำมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย มโนทัศน์เจาะจง จากกรอบสี่เหลี่ยมในชุดที่ 4 ดังนี้

งาน	งานเป็นบวก	งานเป็นลบ	งานเป็นศูนย์
แทงลูกบิลเลียด	แรงที่กระทำต่อลูกบิลเลียด	ระยะที่เคลื่อนที่ได้	ดิ่งหนึ่งสถิติด้วย
ความเร็วคงตัว	ระยะที่ดิ่ง	แรงที่ดิ่ง	เซทลูกวอลเลย์แบบตั้งรับในแนวราบ
แรงที่กระทำต่อลูกวอลเลย์	พลังงานจลน์เพิ่ม	ระยะทางที่ลูกวอลเลย์เคลื่อนที่ได้	
ข้อบกพร่องบนถนนผิวขรุขระ	แรงที่พื้นถนนกระทำต่อรถ	ระยะที่รถ	
เคลื่อนที่ได้	พลังงานศักย์เพิ่ม	พลังงานจลน์ลดลง	เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็วคงตัว
น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่	พลังงานจลน์ลดลง		

มโนทัศน์หลัก คือ งาน

มโนทัศน์รอง คือ งานเป็นบวก งานเป็นลบ งานเป็นศูนย์

มโนทัศน์ย่อย คือ ดิ่งหนึ่งสถิติด้วยความเร็วคงตัว แทงลูกบิลเลียด เซทลูกวอลเลย์แบบตั้งรับในแนวราบ ข้อบกพร่องบนถนนผิวขรุขระ เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็วคงตัว

มโนทัศน์เจาะจง คือ พลังงานจลน์ลดลง พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ แรงที่กระทำต่อลูกบิลเลียด ระยะที่ดิ่ง แรงที่ดิ่ง แรงที่กระทำต่อลูกวอลเลย์ ระยะที่รถเคลื่อนที่ได้ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ ระยะทางที่ลูกวอลเลย์เคลื่อนที่ได้ พลังงานจลน์ลดลง ระยะที่เคลื่อนที่ได้ แรงที่พื้นถนนกระทำต่อรถ

ตาราง 56 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้ค่าเชื่อมระหว่างคำโน้ตสั้นรอง และคำโน้ตสั้นย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ตสั้นแบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 4

คำโน้ตสั้นรอง	คำเชื่อม		คำโน้ตสั้นย่อย
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
งานเป็นบวก	เช่น	มี	<u>ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว</u> <u>แทงลูกบิลเลียด</u>
งานเป็นลบ	ตัวอย่างเช่น ได้แก่		<u>เซทลูกวอลเลย์แบบตั้งรับในแนวราบ</u> <u>ขับรถซาลงบนถนนผิวขรุขระ</u>
งานเป็นศูนย์			<u>เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็วคงตัว</u>

ตาราง 57 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้ค่าเชื่อมระหว่างคำโน้ตสั้นย่อย และคำโน้ตสั้นเจาะจง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังโน้ตสั้นแบบการสร้างผังคำและการสร้างคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 4

คำโน้ตสั้นย่อย	คำเชื่อม		คำโน้ตสั้นเจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว			ระยะที่ดึง แรงที่ดึง
แทงลูกบิลเลียด	ขึ้นกับ สามารถหาได้จาก	มี	แรงที่กระทำต่อลูกบิลเลียด ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
เซทลูกวอลเลย์แบบตั้งรับในแนวราบ	ผลคูณของ หาได้จาก	ประกอบด้วย	แรงที่กระทำต่อลูกวอลเลย์ ระยะทางที่ลูกวอลเลย์
ขับรถซาลงบนถนนผิวขรุขระ			ระยะที่รถเคลื่อนที่ได้ แรงที่พื้นถนนกระทำต่อรถ
เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็วคงตัว			น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่

ตาราง 57 (ต่อ)

คำมโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์เจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
<u>ดึงหนังสือตีกส์ด้วย</u> <u>ความเร็วคงตัว</u>			<u>พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น</u>
<u>แท่งลูกบิลเลียด</u>			<u>พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น</u>
<u>เซทลูกวอลเลย์แบบตั้ง</u> <u>รับในแนวราบ</u>	ทำให้ ส่งผลให้เกิด	มี ประกอบด้วย	<u>พลังงานจลน์ลดลง</u>
<u>ขั้วรถขาลงบนถนนผิว</u> <u>ขรุขระ</u>			<u>พลังงานจลน์ลดลง</u>

ชุดที่ 4

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย คือ พลังงานศักย์เพิ่ม คำมโนทัศน์เจาะจงที่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ได้ คือ ดึงหนังสือตีกส์ด้วยความเร็วคงตัว

สถานการณ์ ดึงหนังสือตีกส์ด้วยความเร็วคงตัว มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์เพิ่ม แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ เนื่องจาก แรงที่ดึง ไม่ใช่แรงลัพธ์ แต่ ระยะที่ดึง มีพลังงานศักย์ที่เปลี่ยนแปลงขึ้นจากจุดอ้างอิงจุดเดิม เป็นค่าคงตัวของนิจของหนึ่งยางยืด

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์เพิ่ม จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ แท่งลูกบิลเลียด

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ เซทลูกวอลเลย์แบบตั้งรับในแนวราบ

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจง ส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ ขั้วรถขาลงบนถนนผิวขรุขระ

ได้ 1 คะแนน เมื่อระบุคำเชื่อมการใช้คำเชื่อม เช่น ตัวอย่างเช่น ระหว่างคำมโนทัศน์รอง พลังงานศักย์ที่เพิ่มขึ้น

ตาราง 58 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนคำเชื่อมของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังการสร้างคำ ในชุดที่ 4 ระหว่างมโนทัศน์ย่อยและมโนทัศน์เจาะจง ในส่วนที่แตกต่างจากเฉลย

คำมโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม	คำมโนทัศน์เจาะจง
พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น พลังงานจลน์เพิ่ม		ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว แทงลูกบิลเลียด ขับรถช้าลงบนถนนผิวขรุขระ
พลังงานจลน์ลดลง	เช่น ตัวอย่างเช่น	เซตลูกวอลเลย์แบบตั้งรับใน แนวราบ
น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่		เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็วคงตัว

การจัดกลุ่มคำมโนทัศน์เจาะจง

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานศักย์เพิ่ม จะประกอบด้วยมโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว และส่วนที่สอง มโนทัศน์เจาะจงที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อม คือ แรงที่ดึงแรงที่ดึง

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์เพิ่ม จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ แทงลูกบิลเลียด และส่วนที่สองมโนทัศน์เจาะจงที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อม คือ แรงที่กระทำต่อลูกบิลเลียด ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลด จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ ขับรถช้าลงบนถนนผิวขรุขระ และส่วนที่สองคำมโนทัศน์เจาะจงที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อม คือ แรงที่รถเคลื่อนที่ได้ แรงที่พื้นถนนกระทำต่อรถ

ในกรณีคำมโนทัศน์ย่อย พลังงานจลน์ลดลง จะประกอบด้วยคำมโนทัศน์เจาะจงสองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่อยู่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยโดยตรง คือ และส่วนที่สอง คือ เซตลูกวอลเลย์แบบตั้งรับในแนวราบ คำมโนทัศน์เจาะจง ที่ขยายส่วนแรกจะสัมพันธ์กับมโนทัศน์ย่อยทางอ้อม คือ แรงที่กระทำต่อลูกวอลเลย์ ระยะทางที่ลูกวอลเลย์

การตรวจการให้คะแนนแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ แบบเลือกคำเชื่อม

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์แบบการเลือกคำเชื่อมแบบรายด้าน (analytic scoring) ดังตาราง 64 ต่อไปนี้

ตาราง 60 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์รายวิชา ฟิสิกส์แบบการเลือกคำเชื่อมแบบรายด้าน

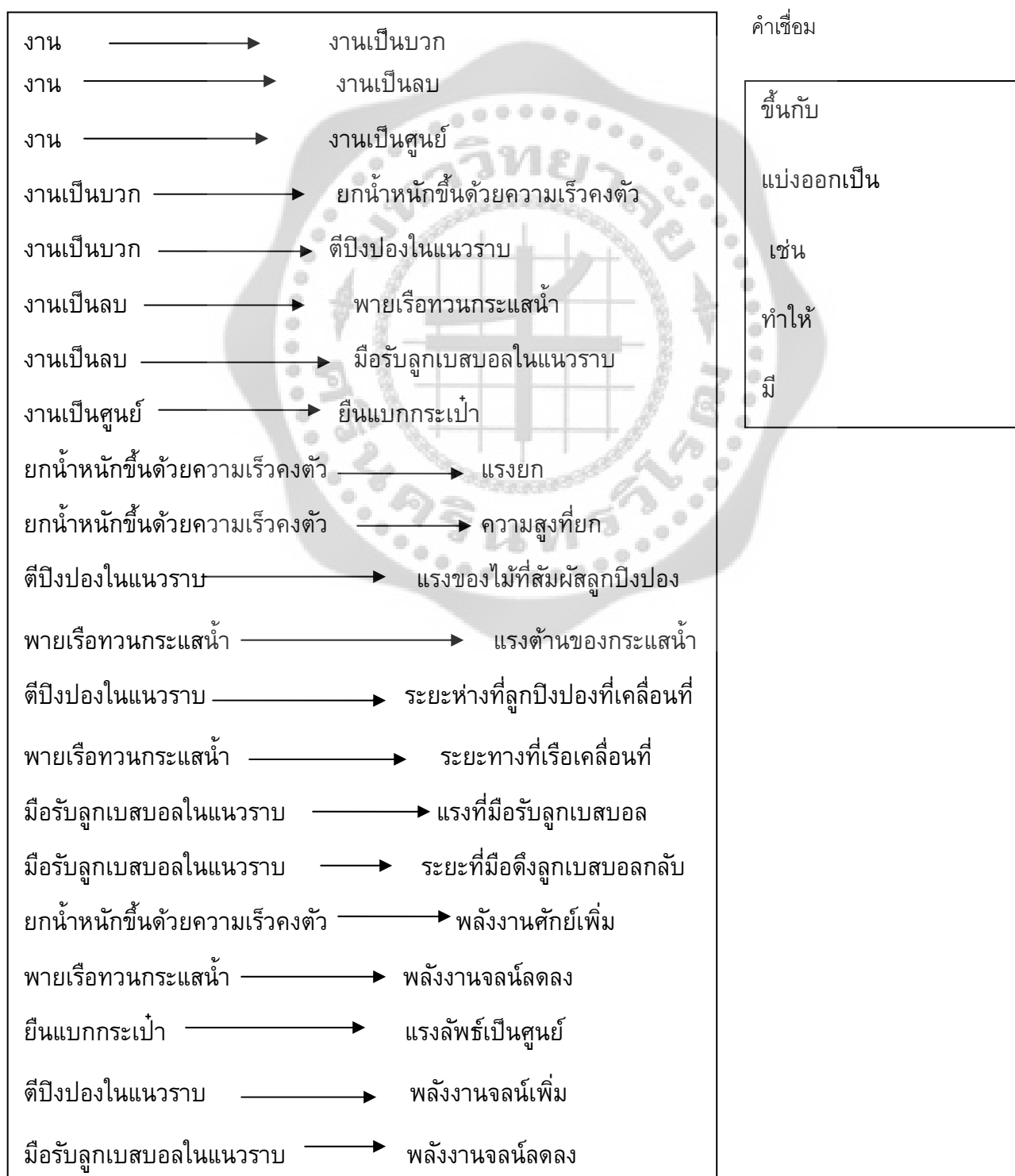
คะแนนแบบรายด้าน	ระดับคะแนน	ประเด็นพิจารณา
การใช้คำเชื่อม	1	คำเชื่อมที่ใช้แสดงมีเหตุผลตาม วิทยาศาสตร์ ถูกต้องตามหลักการทาง ฟิสิกส์เบื้องต้น มีความเป็นไปได้
	0.5	คำเชื่อมที่ใช้มีความสัมพันธ์ ถูกต้อง ตามหลักการโดยทั่วไป แต่ยังไม่ได้มี ความหมายที่แสดงให้เห็นแนวคิทาง ฟิสิกส์ที่ลึกซึ้ง มีความเป็นไปได้ บางส่วน
	0	คำที่ใช้เชื่อมไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ ในทางวิทยาศาสตร์ และหลักการ โดยทั่วไป ไม่มีความเป็นไปได้ของ ระหว่างคู่ของคำ
การจัดระบบ ความสัมพันธ์ของคำ มโนทัศน์	1	มีการจัดระบบความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง ระหว่างคู่ของคำ มีความเป็นไปได้ของ คำที่ใช้ แนวความคิดลำดับของคำถูก จัดกลุ่มในลำดับเดียวกัน
	0	ไม่มีการจัดระบบความสัมพันธ์ที่เป็น ระบบ คำมโนทัศน์ที่อยู่ต่างระดับอยู่ใน ระดับเดียวกัน

ระบบการให้คะแนนจึงขึ้นอยู่กับการจัดวางคำมโนทัศน์ และการเลือกคำเชื่อม ที่สะท้อนให้ เห็นว่าผู้สอบมีความเข้าใจในเนื้อหา มากน้อยเพียงใด

คำอธิบายในการตรวจการให้คะแนนแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ด้วยการเลือกคำเชื่อม

เนื่องจากแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ด้วยการเลือกคำเชื่อม มีลักษณะที่กำหนดคู่ของคำมโนทัศน์มาให้ ในแบบประเมิน ซึ่งผู้สอบจะต้องนำคำเชื่อมที่ผู้วิจัยได้สร้างไว้ซึ่งอยู่กรอบสี่เหลี่ยมทางขวามือมาเติมลงในผังมโนทัศน์ที่ผู้สอบสร้างขึ้นมา โดยผู้สอบจะต้องประกอบร่างของคู่คำมโนทัศน์ โดยเลือกคำเชื่อมให้ถูกต้อง

ตัวอย่าง



วิธีการตรวจให้คะแนน

1. ตรวจสอบลำดับของคู่คำมโนทัศน์ จากบนลงล่าง โดยกำหนดให้ คู่ของคำมโนทัศน์หลัก ประกอบด้วย 3 คู่ มีการให้คะแนน คู่ละ 1 คะแนน

งาน	→	งานเป็นบวก
งาน	→	งานเป็นลบ
งาน	→	งานเป็นศูนย์

คู่ของคำมโนทัศน์รองประกอบด้วย งานกับ สถานการณ์ทดสอบ จำนวน 5 คู่

งานเป็นบวก	→	ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว
งานเป็นบวก	→	ตีปิงปองในแนวราบ
งานเป็นลบ	→	พายเรือทวนกระแสน้ำ
งานเป็นลบ	→	มือรับลูกเบสบอลในแนวราบ
งานเป็นศูนย์	→	ยืนแบกกระเป๋า

คู่ของคำมโนทัศน์ย่อยประกอบด้วย สถานการณ์ทดสอบ กับ พลังงาน จำนวน 13 คู่

ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว	→	แรงยก
ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว	→	ความสูงที่ยก
ตีปิงปองในแนวราบ	→	แรงของไม้ที่สัมผัสลูกปิงปอง
พายเรือทวนกระแสน้ำ	→	แรงต้านของกระแสน้ำ
ตีปิงปองในแนวราบ	→	ระยะห่างที่ลูกปิงปองที่เคลื่อนที่
พายเรือทวนกระแสน้ำ	→	ระยะทางที่เรือเคลื่อนที่
มือรับลูกเบสบอลในแนวราบ	→	แรงที่มือรับลูกเบสบอล
มือรับลูกเบสบอลในแนวราบ	→	ระยะที่มือดึงลูกเบสบอลกลับ
ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคงตัว	→	พลังงานศักย์เพิ่ม
พายเรือทวนกระแสน้ำ	→	พลังงานจลน์ลดลง
ยืนแบกกระเป๋า	→	แรงลัพธ์เป็นศูนย์
ตีปิงปองในแนวราบ	→	พลังงานจลน์เพิ่ม
มือรับลูกเบสบอลในแนวราบ	→	พลังงานจลน์ลดลง

การเลือกใช้คำเชื่อมระหว่างคู่ของคำมโนทัศน์

วิธีการตรวจจะพิจารณาไปแต่ละคู่ของคำมโนทัศน์ ที่ประกอบด้วย คู่ของคำมโนทัศน์หลัก คู่ของคำมโนทัศน์รอง คู่ของคำมโนทัศน์ย่อย ซึ่งเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่เหมือนกับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ด้วยการสร้างผังคำและคำเชื่อมที่เน้นการถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ มีการแสดงเหตุผลทางฟิสิกส์ และความเป็นไปได้ ซึ่งสามารถสรุปเป็นรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 61 เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำมโนทัศน์หลัก ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 1,2,3 และ 4

คำมโนทัศน์	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์ย่อย
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
รอง			
งาน	จำแนกได้ แบ่งเป็น	มี	งานเป็นบวก
			งานเป็นลบ
			งานเป็นศูนย์

ตาราง 62 เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำมโนทัศน์รอง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 1

คำมโนทัศน์	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์ย่อย
	รอง	1 คะแนน	
งานเป็นบวก			ยกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็วคง ตัว ตีปิงปองในแนวราบ
งานเป็นลบ	เช่น	มี	พายเรือทวนกระแสน้ำ มี้อรับลูกเบสบอลในแนวราบ
งานเป็นศูนย์			ยืนแบกกระเป๋า

ตาราง 63 เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำโน้ตสั้นย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผัง
มโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 1

คำโน้ตสั้นย่อย	คำเชื่อม		คำโน้ตสั้นเจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
ยกน้ำหนักขึ้นด้วย ความเร็วคงตัว			แรงยก ความสูงที่ยก
ตีปิงปองในแนวราบ	ขึ้นกับ สามารถหาได้จาก	มี	แรงของไม้ที่สัมผัสลูกปิงปอง ระยะทางที่ลูกปิงปองเคลื่อนที่
พายเรือทวนกระแสน้ำ	ผลคูณของ หาได้จาก	ประกอบด้วย	ระยะทางที่เรือเคลื่อนที่ แรงต้านของกระแสน้ำ
มือรับลูกเบสบอลใน แนวราบ			แรงที่มือรับลูกเบสบอล ระยะที่มือตึงลูกเบสบอลกลับ
ยื่นแบกกระเป๋า	มี/ประกอบด้วย	โดย	น้ำหนักตั้งฉากกับการ เคลื่อนที่
ยกน้ำหนักขึ้นด้วย ความเร็วคงตัว			พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
ตีปิงปองในแนวราบ	ทำให้ ส่งผล		พลังงานจลน์เพิ่ม
พายเรือทวนกระแสน้ำ	ก่อให้เกิด		พลังงานจลน์ลดลง
มือรับลูกเบสบอลใน แนวราบ			พลังงานจลน์ลดลง

เกณฑ์การแปลความหมาย

ระดับคะแนน 0-7	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับที่ควรปรับปรุง
ระดับคะแนน 8 – 15	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับน้อย
ระดับคะแนน 16 – 23	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับพอใช้
ระดับคะแนน 24- 31	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับค่อนข้างดี
ระดับคะแนน 32 – 39	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดี

ระดับคะแนน 40- 47 แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดีมาก

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน

โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ชุด 2

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

โจทย์ ข้อที่ 1 ให้นักเรียนพิจารณาคำมโนทัศน์และคำเชื่อมที่อยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยม แล้วนำไป

ตอบในส่วนของคำตอบให้สมบูรณ์

คำมโนทัศน์

คำเชื่อม

งาน	→	งานเป็นบวก
งาน	→	งานเป็นลบ
งาน	→	งานเป็นศูนย์
งานเป็นบวก	→	เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว
เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว	→	แรงที่บันไดกระทำต่อคน
เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว	→	ความสูงที่ขึ้นได้
งานเป็นบวก	→	ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น
ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น	→	แรงที่กระทำต่อรถเข็น
ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น	→	ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานเป็นลบ	→	งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อส่วานเจาะถนน
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อส่วานเจาะถนน	→	ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อส่วานเจาะถนน	→	แรงที่พื้นถนนกระทำต่อส่วานเจาะ
งานเป็นลบ	→	งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอก
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอก	→	แรงเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปู
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอก	→	ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานเป็นศูนย์	→	เดินหิ้วตะกร้าด้วยความเร็วคงที่
เดินหิ้วตะกร้าด้วยความเร็วคงที่	→	น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่
เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว	→	พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น	→	พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อส่วานเจาะถนน	→	พลังงานจลน์ลดลง
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอก	→	พลังงานจลน์ลดลง

ขึ้นกับ

แบ่งออกเป็น

เช่น

ทำให้

วิธีการตรวจให้คะแนน

1. ตรวจสอบลำดับของคู่คำมโนทัศน์ จากบนลงล่าง โดยกำหนดให้ คู่ของคำมโนทัศน์หลัก ประกอบด้วย 3 คู่ มีการให้คะแนน คู่ละ 1 คะแนน

งาน	—————>	งานเป็นบวก
งาน	—————>	งานเป็นลบ
งาน	—————>	งานเป็นศูนย์

คู่ของคำมโนทัศน์รองประกอบด้วย งานกับ สถานการณ์ทดสอบ จำนวน 5 คู่

งานเป็นบวก	—————>	เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว
งานเป็นบวก	—————>	ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น
งานเป็นลบ	—————>	งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อสว่านเจาะถนน
งานเป็นลบ	—————>	งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอก
งานเป็นศูนย์	—————>	เดินหัวตะกร้าด้วยความเร็วคงที่

คู่ของคำมโนทัศน์ย่อยประกอบด้วย สถานการณ์ทดสอบ กับ พลังงาน จำนวน 13 คู่

เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว	—————>	แรงที่บันไดกระทำต่อคน
เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว	—————>	ความสูงที่ขึ้นได้
ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น	—————>	แรงที่กระทำต่อรถเข็น
ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น	—————>	ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อสว่านเจาะถนน	—————>	ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อสว่านเจาะถนน	—————>	แรงที่พื้นถนนกระทำต่อสว่านเจาะ
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอก	—————>	แรงเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปู
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอก	—————>	ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
เดินหัวตะกร้าด้วยความเร็วคงที่	—————>	น้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่
เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว	—————>	พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น	—————>	พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อสว่านเจาะถนน	—————>	พลังงานจลน์ลดลง
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอก	—————>	พลังงานจลน์ลดลง

แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ชุดที่ 2 จะมีวิธีการตรวจที่เหมือนกับชุดที่ 1 โดยส่วนกลุ่มคำมโนทัศน์จะเหมือนกัน แต่มีความแตกต่างของกลุ่มคำมโนทัศน์รอง กลุ่มคำมโนทัศน์ย่อย ตามรายละเอียดที่ปรากฏดังต่อไปนี้

ตาราง 64 เกณฑ์การให้คะแนนกลุ่มคำมโนทัศน์รอง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 2

คำมโนทัศน์รอง	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์ย่อย
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
งานเป็นบวก			เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น
งานเป็นลบ	เช่น ตัวอย่างเช่น ได้แก่	มี	งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อสว่าน เจาะถนน งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปู ขณะตอกตะปู
งานเป็นศูนย์			เดินหัวตระกร้าด้วยความเร็วคงที่

ตาราง 65 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมของกลุ่มคำมโนทัศน์ย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 2

คำมโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์เจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
เดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว			แรงที่บันไดกระทำต่อคน ความสูงที่ขึ้นได้
ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น	ขึ้นกับ	มี ประกอบด้วย	แรงที่กระทำต่อรถเข็น ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
งานเนื่องจากพื้นที่มีต่อสว่านเจาะถนน			แรงที่พื้นถนนกระทำต่อ สว่านเจาะ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้

ตาราง 65 (ต่อ)

คำมโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์เจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
เดินหัวตระกร้าด้วย ความเร็วคงที่	ขึ้นกับ		น้ำหนักตั้งฉากกับการ เคลื่อนที่
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มี ต่อตะปูขณะตอกตะปู			แรงเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อ ตะปู ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
เดินขึ้นบันไดด้วย ความเร็วคงตัว	ทำให้		พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
ออกแรงเข็นรถเข็นใน ตอนเริ่มต้น			พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น
งานเนื่องจากพื้นที่ที่มีต่อ ส่วงานเจาะถนน			พลังงานจลน์ลดลง
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มี ต่อตะปูขณะตอกตะปู			พลังงานจลน์ลดลง

เกณฑ์การแปลความหมาย

ระดับคะแนน 0-7	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับที่ควรปรับปรุง
ระดับคะแนน 8 – 15	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับน้อย
ระดับคะแนน 16 – 23	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับพอใช้
ระดับคะแนน 24- 31	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับค่อนข้างดี
ระดับคะแนน 32 – 39	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดี
ระดับคะแนน 40- 47	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดีมาก

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน

โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ชุด 3

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

โจทย์ ข้อที่1 ให้นักเรียนพิจารณาคำมโนทัศน์และคำเชื่อมที่อยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยม แล้วนำไปตอบในส่วนของคำตอบให้สมบูรณ์

คำมโนทัศน์

คำเชื่อม

งาน	→	งานเป็นบวก
งาน	→	งานเป็นลบ
งาน	→	งานเป็นศูนย์
งานเป็นบวก	→	ยึบบนตาชั่งสปริง
งานเป็นบวก	→	ดีลูกเทนนิสในแนวราบ
งานเป็นลบ	→	งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟืน
งานเป็นลบ	→	การเบรกของรถ
งานเป็นศูนย์	→	ออกแรงผลักกำแพง
ยึบบนตาชั่งสปริง	→	น้ำหนักคนที่กระทำต่อตาชั่ง
ยึบบนตาชั่งสปริง	→	ระยะสปริงหด
ดีลูกเทนนิสในแนวราบ	→	แรงที่ไม่เทนนิสกระทบลูกเทนนิส
ดีลูกเทนนิสในแนวราบ	→	ระยะทางที่ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ได้
งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟืน	→	ระยะที่ฟืนแตกออก
งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟืน	→	แรงที่พื้นกระทำต่อขวาน
การเบรกของรถ	→	แรงต้านการเคลื่อนที่
การเบรกของรถ	→	ระยะเคลื่อนที่จนหยุด
ยึบบนตาชั่งสปริง	→	พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
ดีลูกเทนนิสในแนวราบ	→	พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น
งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟืน	→	พลังงานจลน์ลดลง
การเบรกของรถ	→	พลังงานจลน์ลดลง
ออกแรงผลักวัตถุบนกำแพง	→	แรงลัพธ์เป็นศูนย์

ขึ้นกับ

แบ่งออกเป็น

เช่น

ทำให้

มี

วิธีการตรวจให้คะแนน

1. ตรวจสอบลำดับของคู่คำโน้ตส์ จากบนลงล่าง โดยกำหนดให้ คู่ของคำโน้ตส์หลัก ประกอบด้วย 3 คู่ มีการให้คะแนน คู่ละ 1 คะแนน

งาน	→	งานเป็นบวก
งาน	→	งานเป็นลบ
งาน	→	งานเป็นศูนย์

คู่ของคำโน้ตส์รองประกอบด้วย งานกับ สถานการณ์ทดสอบ จำนวน 5 คู่

งานเป็นบวก	→	ยืนบนตาข่ายสปริง
งานเป็นบวก	→	ตีลูกเทนนิสในแนวราบ
งานเป็นลบ	→	งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟืน
งานเป็นลบ	→	การเบรกของรถ
งานเป็นศูนย์	→	ออกแรงผลักวัตถุบนกำแพง

คู่ของคำโน้ตส์ย่อยประกอบด้วย สถานการณ์ทดสอบ กับ พลังงาน จำนวน 13 คู่

ยืนบนตาข่ายสปริง	→	น้ำหนักคนที่กระทำต่อตาข่าย
ยืนบนตาข่ายสปริง	→	ระยะสปริงหด
ตีลูกเทนนิสในแนวราบ	→	แรงที่ไม่แทนนิสกระทบลูกเทนนิส
ตีลูกเทนนิสในแนวราบ	→	ระยะทางที่ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ได้
งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟืน	→	ระยะที่พื้นแตกออก
งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟืน	→	แรงที่พื้นกระทำต่อขวาน
การเบรกของรถ	→	แรงด้านการเคลื่อนที่
การเบรกของรถ	→	ระยะเคลื่อนที่จนหยุด
ยืนบนตาข่ายสปริง	→	พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
ตีลูกเทนนิสในแนวราบ	→	พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น
งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่าฟืน	→	พลังงานจลน์ลดลง
การเบรกของรถ	→	พลังงานจลน์ลดลง
ออกแรงผลักวัตถุบนกำแพง	→	แรงลัพธ์เป็นศูนย์

แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ชุดที่ 2 จะมีวิธีการตรวจที่เหมือนกับชุดที่ 1 โดยส่วนคู่คำมโนทัศน์จะเหมือนกัน แต่มีความแตกต่างของคู่คำมโนทัศน์รอง คู่คำมโนทัศน์ย่อย ตามรายละเอียดที่ปรากฏดังต่อไปนี้

ตาราง 66 เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำมโนทัศน์รอง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 3

คำมโนทัศน์รอง	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์ย่อย
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
งานเป็นบวก			ยีนบนตาชั่งสปริง ดีลูกเทนนิสในแนวราบ
งานเป็นลบ	เช่น ตัวอย่างเช่น ได้แก่	มี	งานที่พื้นกระทำต่อขวานขณะผ่า พื้น การเบรกของรถ
งานเป็นศูนย์			ออกแรงผลักกั้วตลับนกกำแพง

ตาราง 67 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมของคู่คำมโนทัศน์ย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 3

คำมโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์เจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
ยีนบนตาชั่งสปริง			น้ำหนักคนที่กระทำต่อตาชั่ง ระยะสปริงหด
ดีลูกเทนนิสในแนวราบ	ขึ้นกับ	มี ประกอบด้วย	แรงที่ไม่เทนนิสกระทบลูกเทนนิส ระยะทางที่ลูกเทนนิสเคลื่อนที่ได้
งานที่พื้นกระทำต่อ ขวานขณะผ่าพื้น			ระยะที่พื้นแตกออก แรงที่พื้นกระทำต่อขวาน

ตาราง 67 (ต่อ)

คำมโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์เจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
การเบรกของรถ	ขึ้นกับ		แรงต้านการเคลื่อนที่
			ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้
เดินขึ้นบันไดด้วย ความเร็วคงตัว	ทำให้		พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
ออกแรงขึ้นรถขึ้นใน ตอนเริ่มต้น			พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น
งานเนื่องจากพื้นที่ที่มีต่อ ส่วงานจะถนน			พลังงานจลน์ลดลง
งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มี ต่อตะปูขณะตอกตะปู			พลังงานจลน์ลดลง

เกณฑ์การแปลความหมาย

ระดับคะแนน 0-7	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับที่ควรปรับปรุง
ระดับคะแนน 8 – 15	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับน้อย
ระดับคะแนน 16 – 23	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับพอใช้
ระดับคะแนน 24- 31	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับค่อนข้างดี
ระดับคะแนน 32 – 39	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดี
ระดับคะแนน 40- 47	แปลว่า	ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดีมาก

แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน

โดยแผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ชุด 4

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น.....

โจทย์ ให้นักเรียนพิจารณาคำมโนทัศน์และคำเชื่อมที่อยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยม แล้วนำไปตอบในส่วนของคำตอบแต่ละข้อจนสมบูรณ์

คำมโนทัศน์

คำเชื่อม

งาน	→	งานเป็นบวก	ขึ้นกับ
งาน	→	งานเป็นลบ	แบ่ง
งาน	→	งานเป็นศูนย์	ออกเป็น
งานเป็นบวก	→	แรงลูกบิลเลียด	เช่น
แรงลูกบิลเลียด	→	ระยะที่กระทำต่อลูกบิลเลียด	ทำให้
แรงลูกบิลเลียด	→	ระยะที่เคลื่อนที่ได้	
งานเป็นบวก	→	ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว	
ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว	→	ระยะที่ดึง	
ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว	→	แรงที่ดึง	
งานเป็นลบ	→	รับลูกวอลเลย์แบบตั้งเซตในแนวราบ	
รับลูกวอลเลย์แบบตั้งเซตในแนวราบ	→	แรงที่มือสัมผัสลูกวอลเลย์	
รับลูกวอลเลย์แบบตั้งเซตในแนวราบ	→	ระยะทางที่ลูกวอลเลย์เคลื่อนที่	
งานเป็นลบ	→	รถวิ่งช้าลงบนถนนผิวขรุขระ	
รถวิ่งช้าลงบนถนนผิวขรุขระ	→	แรงที่พื้นถนนกระทำต่อรถ	
รถวิ่งช้าลงบนถนนผิวขรุขระ	→	ระยะที่รถเคลื่อนที่ได้	
แรงลูกบิลเลียด	→	พลังงานจลน์เพิ่ม	
ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว	→	พลังงานศักย์เพิ่ม	
รถวิ่งช้าลงบนถนนผิวขรุขระ	→	พลังงานจลน์ลดลง	
งานเป็นศูนย์	→	เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็วคงตัว	
เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็วคงตัว	→	น้ำหนักของข้าวสารตั้งมากกับการเคลื่อนที่	
รับลูกวอลเลย์แบบตั้งเซตในแนวราบ	→	พลังงานจลน์ลดลง	

วิธีการตรวจให้คะแนน

1. ตรวจสอบลำดับของคู่คำมโนทัศน์ จากบนลงล่าง โดยกำหนดให้ คู่ของคำมโนทัศน์หลัก ประกอบด้วย 3 คู่ มีการให้คะแนน คู่ละ 1 คะแนน

งาน	→	งานเป็นบวก
งาน	→	งานเป็นลบ
งาน	→	งานเป็นศูนย์

คู่ของคำมโนทัศน์รองประกอบด้วย งานกับ สถานการณ์ทดสอบ จำนวน 5 คู่

งานเป็นบวก	→	แทงลูกบิลเลียด
งานเป็นบวก	→	ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว
งานเป็นลบ	→	รถวิ่งช้าลงบนถนนผิวขรุขระ
งานเป็นลบ	→	รับลูกวอลเลย์แบบตั้งเซทในแนวราบ
งานเป็นศูนย์	→	เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็วคงตัว

คู่ของคำมโนทัศน์ย่อยประกอบด้วย สถานการณ์ทดสอบ กับ พลังงาน จำนวน 13 คู่

แทงลูกบิลเลียด	→	แรงที่กระทำต่อลูกบิลเลียด
แทงลูกบิลเลียด	→	ระยะที่เคลื่อนที่ได้
ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว	→	ระยะที่ดึง
ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว	→	แรงที่ดึง
รับลูกวอลเลย์แบบตั้งเซทในแนวราบ	→	แรงที่มือสัมผัสลูกวอลเลย์
รับลูกวอลเลย์แบบตั้งเซทในแนวราบ	→	ระยะทางที่ลูกวอลเลย์เคลื่อนที่
รถวิ่งช้าลงบนถนนผิวขรุขระ	→	แรงที่พื้นถนนกระทำต่อรถ
รถวิ่งช้าลงบนถนนผิวขรุขระ	→	ระยะที่รถเคลื่อนที่ได้
แทงลูกบิลเลียด	→	พลังงานจลน์เพิ่ม
ดึงหนังสือด้วยความเร็วคงตัว	→	พลังงานศักย์เพิ่ม
รถวิ่งช้าลงบนถนนผิวขรุขระ	→	พลังงานจลน์ลดลง
เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็วคงตัว	→	น้ำหนักของข้าวสารตั้งฉากกับการเคลื่อนที่
รับลูกวอลเลย์แบบตั้งเซทในแนวราบ	→	พลังงานจลน์ลดลง

แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ชุดที่ 4 จะมีวิธีการตรวจที่เหมือนกับชุดที่ 1 โดยส่วนคู่คำมโนทัศน์จะเหมือนกัน แต่มีความแตกต่างของคู่คำมโนทัศน์รอง คู่คำมโนทัศน์ย่อย ตามรายละเอียดที่ปรากฏดังต่อไปนี้

ตาราง 68 เกณฑ์การให้คะแนนคู่คำมโนทัศน์รอง ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 4

คำมโนทัศน์ รอง	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์ย่อย
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
งานเป็นบวก			ดึงหนังสือดีด้วยความเร็วคง ตัว
งานเป็นลบ	เช่น	มี	แทงลูกบิลเลียด รับลูกวอลเลย์แบบตั้งเซทใน แนวราบ รถวิ่งช้าลงบนถนนผิวขรุขระ
งานเป็นศูนย์			เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็ว คงตัว

ตาราง 69 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการใช้คำเชื่อมของคู่คำมโนทัศน์ย่อย ตามแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ในส่วนเฉลย ชุดที่ 4

คำมโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์เจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
ดึงหนังสือดีด้วย ความเร็วคงตัว			ระยะที่ดึง แรงที่ดึง
แทงลูกบิลเลียด	ขึ้นกับ	มี ประกอบด้วย	แรงที่กระทำต่อลูกบิลเลียด ระยะที่เคลื่อนที่ได้
รับลูกวอลเลย์แบบตั้ง เซทในแนวราบ			แรงที่มีอสมัมผัสลูกวอลเลย์ ระยะทางที่ลูกวอลเลย์เคลื่อนที่

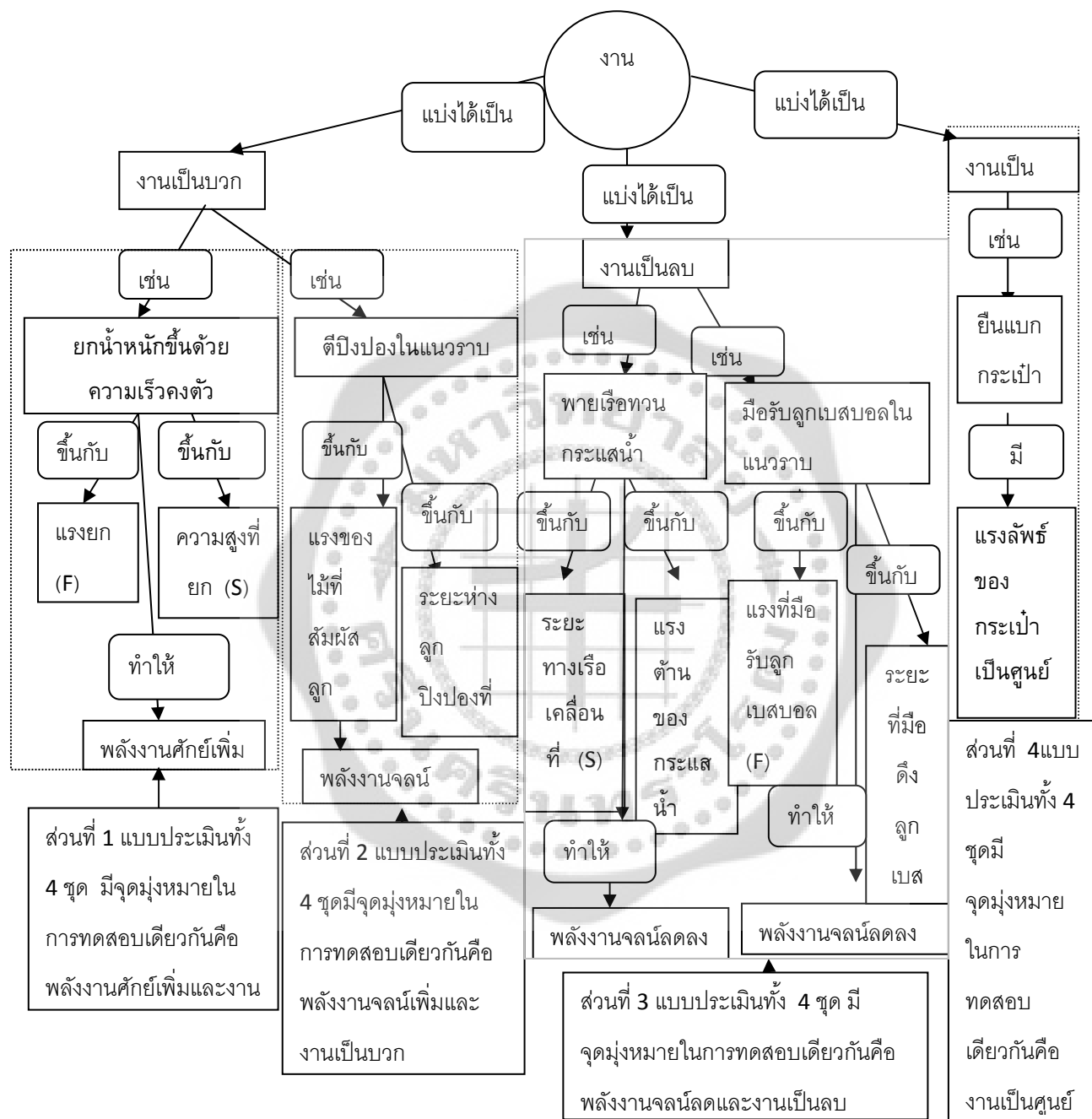
ตาราง 69 (ต่อ)

คำมโนทัศน์ย่อย	คำเชื่อม		คำมโนทัศน์เจาะจง
	1 คะแนน	0.5 คะแนน	
รถวิ่งช้าลงบนถนนผิว ขรุขระ	ขึ้นกับ		แรงที่พื้นถนนกระทำต่อรถ ระยะที่รถเคลื่อนที่ได้
เดินแบกข้าวสารด้วย ความเร็วคงตัว	มี	ทำให้	น้ำหนักของข้าวสารตั้งฉาก กับการเคลื่อนที่
ดึงหนังสติ๊กด้วย ความเร็วคงตัว			พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
แทงลูกบิลเลียด			พลังงานจลน์เพิ่มขึ้น
รับลูกวอลเลย์แบบตั้ง เซตในแนวราบ	ทำให้	มี	พลังงานจลน์ลดลง
รถวิ่งช้าลงบนถนนผิว ขรุขระ			พลังงานจลน์ลดลง

เกณฑ์การแปลความหมาย

ระดับคะแนน 0-7	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับที่ควรปรับปรุง
ระดับคะแนน 8 – 15	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับน้อย
ระดับคะแนน 16 – 23	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับพอใช้
ระดับคะแนน 24- 31	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับค่อนข้างดี
ระดับคะแนน 32 – 39	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดี
ระดับคะแนน 40- 47	แปลว่า ผู้เรียนมีความคิดรวบยอดในระดับดีมาก

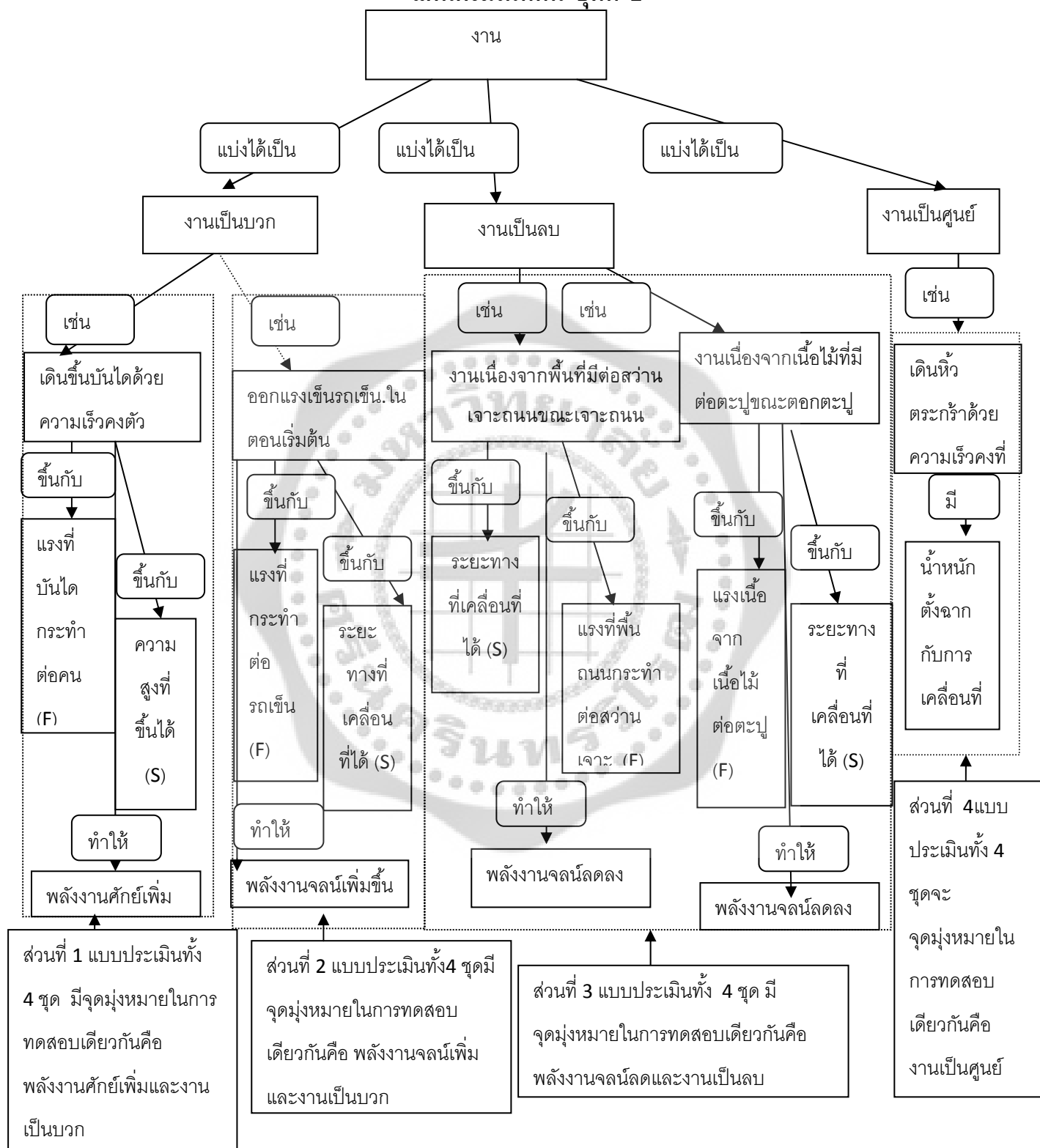
ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน โดย
แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 1



ภาพประกอบ 22 ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและ
พลังงาน โดยแผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 1

ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน โดย

แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 2

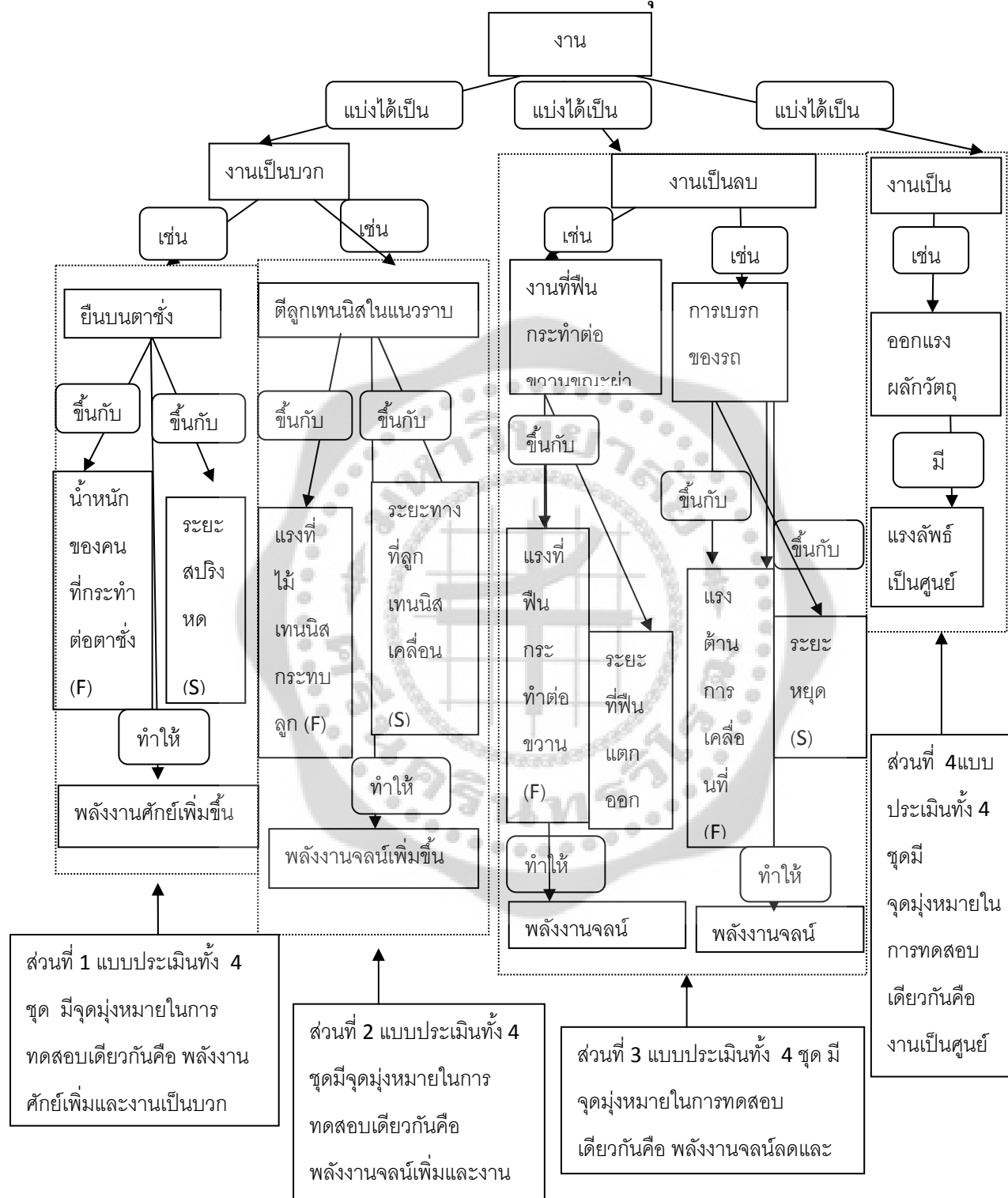


ภาพประกอบ 23 ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและ

พลังงาน โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 2

ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน

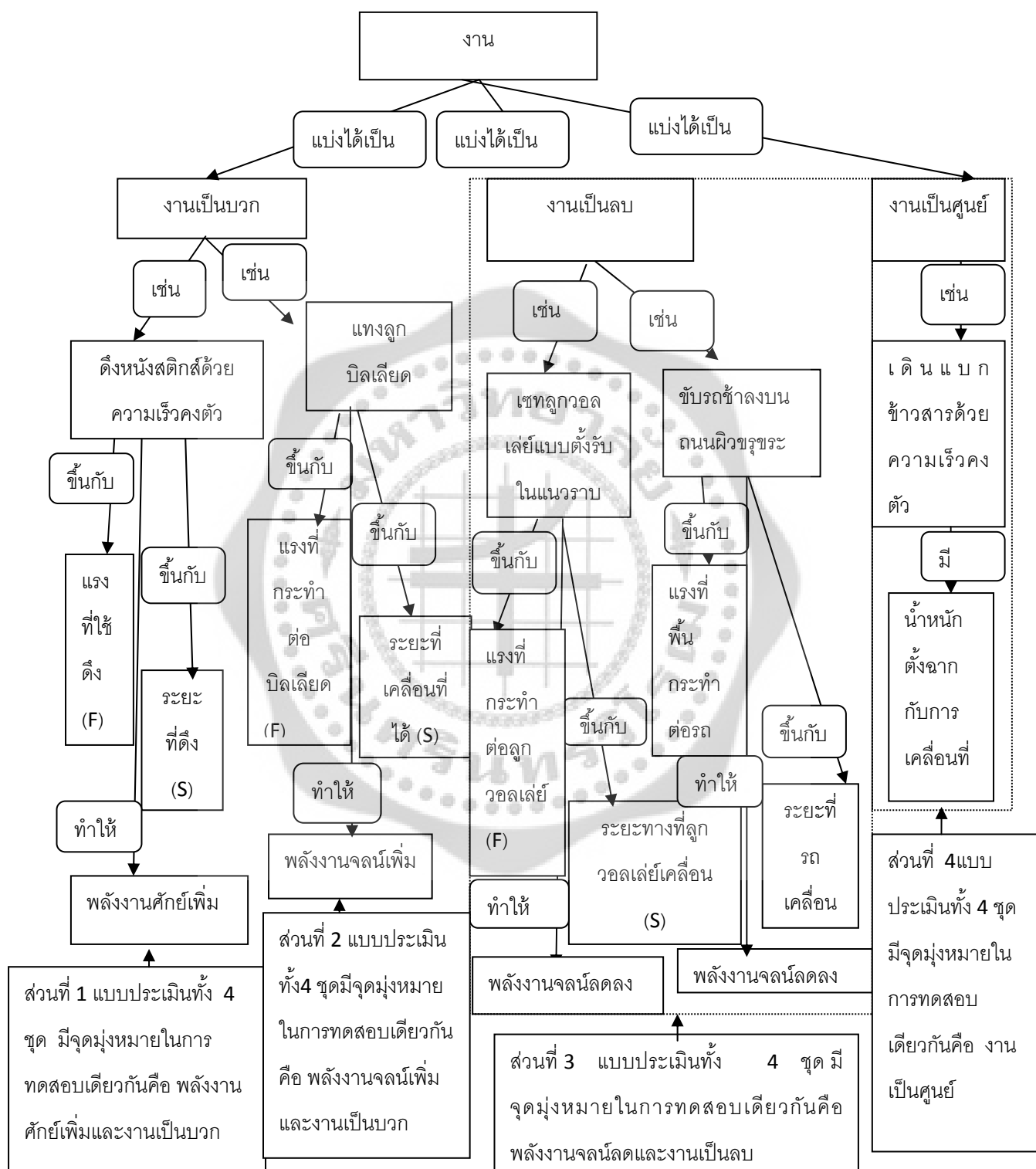
โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 3



ภาพประกอบ 24 ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 3

ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน

โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 4



ภาพประกอบ 25 ผังเฉลยเกณฑ์แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์เรื่องงานและ

พลังงาน โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ชุดที่ 4

ภาคผนวก ข

แผนการเก็บรวบรวมข้อมูล

การแก้ไขข้อคำถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

การปรับคะแนนให้เท่ากันของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผัง

มโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม

การปรับคะแนนให้เท่ากันของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผัง

มโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม

การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน 1 ครั้ง ในกรณีเงื่อนไขของจำนวนครั้งในการวัดที่แตกต่างกัน เมื่อรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์เหมือนกัน (PxOxF)

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความคิดรวบยอดของนักเรียนที่ในกรณีของการวัดซ้ำที่แตกต่างกัน เมื่อรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์เหมือนกัน

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จำนวน 50 คน

การบริหารการสอบ

ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลวันอังคารที่ 12 กุมภาพันธ์ 2555 เวลา 14.00 -15.40 น.

เวลาที่ใช้ในการประเมิน ทั้งหมด 90 นาที (เนื่องจาก ผู้วิจัยได้รับการอนุเคราะห์จาก อ. ลม้าย สิงห์โกมล อาจารย์ประจำวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4) ในความกรุณามอบเวลาสอนให้ผู้วิจัยได้ประเมิน ทำให้ผู้วิจัยรับเวลาในการประเมินเต็มที่ 100 นาที)

วิธีการดำเนินการ

1. ผู้วิจัยแนะนำตัวและชี้แจงวัตถุประสงค์ในการวิจัย พร้อมทั้งอธิบายรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน ให้นักเรียนที่ได้รับการประเมินให้เข้าใจ พร้อมแนะนำวิธีการสร้างแต่ละรูปแบบ รวมทั้งกระบวนการสอบอย่างคร่าว ๆ จนนักเรียนเข้าใจ ใช้เวลา 50 นาที

2. ผู้วิจัยชี้แจงกระบวนการสอบให้อาจารย์ประจำรายวิชาในคาบที่ผู้วิจัยขอเวลาอาจารย์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในคาบก่อนลงมือแจกแบบประเมิน ประมาณ 2 นาที

3. ผู้วิจัยและครูผู้สอนในวิชาประจำคาบเรียน ร่วมกันคุมสอบโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม จากนักเรียน 50 คนแบ่งออกเป็น กลุ่มละ 25 คน ซึ่งในช่วงแรกที่ผู้วิจัยเริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลปรากฏว่ามีนักเรียนไม่มาโรงเรียน 1 คน ทำให้มีกลุ่ม 24 คน จำนวน 1 กลุ่ม กลุ่มนักเรียน

จำนวน 25 คน 1 กลุ่ม ใช้เวลา 3 นาทีในการจัดกลุ่ม โดยสภาพห้องเรียนเป็นโต๊ะยาว จึงแบ่งนักเรียนให้หนึ่งหัวโต๊ะและท้ายโต๊ะ โดยใช้ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ห้อง 2303

4. ผู้วิจัยอธิบายชุดรูปแบบที่นักเรียนได้รับการประเมินจะได้รับแบบประเมินที่แตกต่างกัน ทั้ง 2 กลุ่ม และจำนวนหน้าของชุดข้อสอบที่ไม่เท่ากัน รวมถึงระยะเวลาในการทำข้อสอบ โดยนักเรียนที่นั่งบริเวณห้องทางฝั่งซ้ายตั้งแต่ริมประตูมาจนถึงกลางห้องจะได้รับรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือก คำเชื่อมชุดที่ 3 และนักเรียนที่นั่งอยู่บริเวณฝั่งขวา ตั้งแต่ริมหน้าต่างมาจนถึงกลางห้องจะได้รับรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผัง คำและคำเชื่อม ชุดที่ 1 โดยกำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้แจกรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผัง คำและคำเชื่อม ชุดที่ 1 ทางฝั่งขวา และผู้วิจัย แจกแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือก คำเชื่อมชุดที่ 3 ฝั่งซ้าย เมื่อแจกจนเสร็จซึ่งการแจกจะดำเนินการแจกโดยคว่ำหน้าแบบประเมินลง เพื่อป้องกันการมองเห็นข้อสอบก่อนอนุญาตให้ผู้สอบเปิดข้อสอบและตรวจเช็คจำนวนหน้าของแบบประเมิน

5. ให้นักเรียนลงมือทำแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน โดยจับเวลาที่ใช้ในการประเมินชุดแรก 45 นาที

6. ระหว่างในการดำเนินการสอบ ผู้วิจัยและผู้คุมสอบจะดำเนินการเขียนเวลาแจ้งเตือนหมดเวลา บนหน้ากระดานไวท์บอร์ด ซึ่งจะมีการแจ้งเตือนก่อนหมดเวลา 2 ครั้ง คือ เหลือ เวลา อีก 10 นาที และเหลือเวลาอีก 5 นาที โดยผู้วิจัยเป็นคนแจ้งเตือนทั้ง 2 ครั้ง

7. เมื่อหมดเวลาในการประเมินผู้วิจัยและครูผู้สอบร่วมกันเก็บแบบประเมิน ภายหลังดำเนินการเก็บข้อสอบ เป็นการแจกแบบประเมินชุดต่อไปโดยทันที ซึ่งผู้วิจัยและครูผู้สอนประจำคาบร่วมกันแจก โดยดำเนินการแจกตามกลุ่มที่ได้รับ ด้วยรูปแบบของแบบประเมินประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ที่ไม่แตกต่างกัน คือกลุ่มนักเรียนที่นั่งบริเวณห้องทางขวามือจะได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผัง คำและคำเชื่อม ชุดที่ 2 และนักเรียนที่อยู่บริเวณทางซ้ายมือจะได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือก คำเชื่อมชุดที่ 4 โดยแจกคว่ำแบบประเมิน

8. รอสัญญาณในการแจกจนครบเวลาที่กำหนดครบให้ดำเนินการสอบจนครบเวลาที่กำหนดอีก 45 นาที

การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน 2 ครั้ง ในกรณีเงื่อนไขของการวัดซ้ำแตกต่างกัน เมื่อรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์เหมือนกัน (P x O x:F)

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความคิดรวบยอดของนักเรียนที่ในกรณีของการวัดซ้ำแตกต่างกันเมื่อรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์เหมือนกัน โดยใช้แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จำนวน 49 คน

การบริหารการสอบ

ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2556 13.00 - 14.40 น.

เวลาที่ใช้ในการประเมิน ทั้งหมด 90 นาที (เนื่องจาก ผู้วิจัยได้รับการอนุเคราะห์จาก อ. ละม้าย สิงห์โกมล อาจารย์ประจำวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4) ในความกรุณาขอเวลาสอนให้ผู้วิจัยได้ประเมิน ทำให้ผู้วิจัยรับเวลาในการประเมินเต็มที่ 100 นาที)

วิธีการดำเนินการ

1. ผู้วิจัยแนะนำตัวและชี้แจงวัตถุประสงค์ในการวิจัย พร้อมทั้งอธิบายรูปแบบของแบบประเมิน ความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ให้นักเรียนที่ได้รับการประเมินให้เข้าใจ พร้อมแนะนำวิธีการสร้างแต่ละรูปแบบ รวมทั้งกระบวนการสอบอย่างคร่าวๆ จนนักเรียนเข้าใจ ใช้เวลา 50 นาที

2. ผู้วิจัยชี้แจงกระบวนการสอบให้อาจารย์ประจำรายวิชาในคาบที่ผู้วิจัยขอเวลาอาจารย์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในคาบก่อนลงมือแจกแบบประเมิน ประมาณ 2 นาที

3. ผู้วิจัยและครูผู้สอนในวิชาประจำคาบเรียน ร่วมกันคุมสอบโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม จากนักเรียน 50 คนแบ่งออกเป็น กลุ่มละ 25 คน ซึ่งในช่วงแรกที่ผู้วิจัยเริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลปรากฏว่ามีนักเรียนไม่มาโรงเรียน 1 คน ทำให้มีกลุ่ม 24 คน จำนวน 1 กลุ่ม กลุ่มนักเรียนจำนวน 25 คน 1 กลุ่ม ใช้เวลา 3 นาทีในการจัดกลุ่ม โดยสภาพห้องเรียนเป็นโต๊ะยาว จึงแบ่ง

นักเรียนให้นั่งหัวโต๊ะและท้ายโต๊ะ โดยใช้ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ห้อง 2209 ซึ่งนักเรียนที่ไม่มาในช่วงที่ 2 เป็นนักเรียนที่ไม่ได้มาในช่วงแรก

4. ผู้วิจัยอธิบายชุดรูปแบบที่นักเรียนได้รับการประเมินจะได้รับแบบประเมินที่แตกต่างกันทั้ง 2 กลุ่ม และจำนวนหน้าของชุดข้อสอบที่ไม่เท่ากัน รวมถึงระยะเวลาในการทำข้อสอบ โดยนักเรียนที่นั่งบริเวณห้องทางฝั่งซ้ายตั้งแต่ริมประตูมาจนถึงกลางห้องจะได้รับรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำเชื่อมชุดที่ 1 และนักเรียนที่นั่งอยู่บริเวณฝั่งขวา ตั้งแต่ริมหน้าต่างมาจนถึงกลางห้องจะได้รับรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 3 โดยกำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้แจกรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 3 ทางฝั่งขวา และผู้วิจัยแจกแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำเชื่อมชุดที่ 1 ฝั่งซ้าย เมื่อแจกจนเสร็จซึ่งการแจกจะดำเนินการแจกโดยคว่ำหน้าแบบประเมินลง เพื่อป้องกันการมองเห็นข้อสอบก่อน อนุญาตให้ผู้สอบเปิดข้อสอบและตรวจเช็คจำนวนหน้าของแบบประเมิน

5. ให้นักเรียนลงมือทำแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน โดยจับเวลาที่ใช้ในการประเมินชุดแรก 45 นาที

6. ระหว่างในการดำเนินการสอบ ผู้วิจัยและผู้คุมสอบจะดำเนินการเขียนเวลาแจ้งเตือนหมดเวลา บนหน้ากระดานไวท์บอร์ด ซึ่งจะมีการแจ้งเตือนก่อนหมดเวลา 2 ครั้ง คือ เหลือ เวลา อีก 10 นาที และเหลือเวลาอีก 5 นาที โดยผู้วิจัยเป็นคนแจ้งเตือนทั้ง 2 ครั้ง

7. เมื่อหมดเวลาในการประเมินผู้วิจัยและครูผู้สอบร่วมกันเก็บแบบประเมิน ภายหลังดำเนินการเก็บข้อสอบ เป็นการแจกแบบประเมินชุดต่อไปโดยทันที ซึ่งผู้วิจัยและครูผู้สอนประจำคาบร่วมกันแจก โดยดำเนินการแจกตามกลุ่มที่ได้รับ ด้วยรูปแบบของแบบประเมินประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ที่ไม่แตกต่างกัน คือกลุ่มนักเรียนที่นั่งบริเวณห้องทางขวามือจะได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 4 และนักเรียนที่อยู่บริเวณทางซ้ายมือจะได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำเชื่อมชุดที่ 2 โดยแจกคว่ำแบบประเมิน

8. รอสัญญาณในการแจกจนครบให้ดำเนินการสอบจนครบเวลาที่กำหนดอีก 45 นาที

การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชา
ฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ครึ่ง 1 ครั้ง ในกรณีเงื่อนไขของมีลำดับของการสร้างแผนผัง
มโนทัศน์แตกต่างกัน กรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (O:F) x P

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความคิดรวบยอดของนักเรียนที่ในกรณีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์
วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์
จำนวน 44 คน

การบริหารการสอบ

ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลวันศุกร์ที่ 8 กุมภาพันธ์ 2555 เวลา 10.00 - 12.40 น.
เวลาที่ใช้ในการประเมิน ทั้งหมด 90 นาที (เนื่องจากผู้วิจัยได้รับการอนุเคราะห์จาก
อ. อรทัย คงเหมือน อาจารย์ประจำวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4) ในความกรุณามอบเวลาสอน
ให้ผู้วิจัยได้ประเมิน ทำให้ผู้วิจัยรับเวลาในการประเมินเต็มที่ 100 นาที)

วิธีการดำเนินการ

1. ผู้วิจัยแนะนำตัวและชี้แจงวัตถุประสงค์ในการวิจัย พร้อมทั้งอธิบายรูปแบบของแบบ
ประเมิน ความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ให้นักเรียนที่
ได้รับการประเมินให้เข้าใจ พร้อมแนะนำวิธีการสร้างแต่ละรูปแบบ รวมทั้งกระบวนการสอบอย่าง
คร่าวๆ จนนักเรียนเข้าใจ ใช้เวลา 50 นาที

2. ผู้วิจัยชี้แจงกระบวนการสอบให้อาจารย์ประจำรายวิชาในคาบที่ผู้วิจัยขอเวลาอาจารย์ใน
การเก็บรวบรวมข้อมูล ในคาบก่อนลงมือแจกแบบประเมิน ประมาณ 2 นาที

3. ผู้วิจัยและครูผู้สอนในวิชาประจำคาบเรียน ร่วมกันคุมสอบโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2
กลุ่ม จากนักเรียน 44 คนแบ่งออกเป็น กลุ่มละ 22 คน ซึ่งในช่วงแรกๆที่ผู้วิจัยเริ่มดำเนินการเก็บ กลุ่ม
นักเรียนจำนวน 22 คน 1 กลุ่ม ใช้เวลา 3 นาทีในการจัดกลุ่ม โดยสภาพห้องเรียนเป็นโต๊ะยาว จึง
แบ่งนักเรียนให้นั่งหัวโต๊ะและท้ายโต๊ะ โดยใช้ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ห้อง 2201

4. ผู้วิจัยอธิบายชุดรูปแบบที่นักเรียนได้รับแบบประเมินที่แตกต่างกันทั้ง 2 กลุ่ม และจำนวน
หน้าของชุดข้อสอบที่ไม่เท่ากัน รวมถึงระยะเวลาในการทำข้อสอบ โดยนักเรียนที่นั่งบริเวณห้องทาง

ผังซ้ายตั้งแต่ริมประตูมาจนถึงกลางห้องจะได้รับรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกค่าเชื่อมชุดที่ 3 และนักเรียนที่นั่งอยู่บริเวณฝั่งขวา ตั้งแต่ริมหน้าต่างมาจนถึงกลางห้องจะได้รับรูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 1 โดยกำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้แจกแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 1 ทางฝั่งขวา และผู้วิจัยแจกแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกค่าเชื่อมชุดที่ 3 ฝั่งซ้าย ซึ่งดำเนินการแจกโดยคว่ำหน้าแบบประเมินลง เพื่อป้องกันการมองเห็นข้อสอบก่อน อนุญาตให้ผู้สอบเปิดข้อสอบและตรวจเช็คจำนวนหน้าของแบบประเมิน

5. ให้นักเรียนลงมือทำแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน โดยจับเวลาที่ใช้ในการประเมินชุดแรก 45 นาที

6. ระหว่างในการดำเนินการสอบ ผู้วิจัยและผู้คุมสอบจะดำเนินการเขียนเวลาแจ้งเตือนหมดเวลา บนหน้ากระดานไวท์บอร์ด ซึ่งจะมีการแจ้งเตือนก่อนหมดเวลา 2 ครั้ง คือ เหลือเวลาอีก 10 นาที และเหลือเวลาอีก 5 นาที โดยผู้วิจัยเป็นคนแจ้งเตือนทั้ง 2 ครั้ง

7. เมื่อหมดเวลาในการประเมินผู้วิจัยและครูผู้สอบร่วมกันเก็บแบบประเมิน ภายหลังดำเนินการเก็บข้อสอบ เป็นการแจกแบบประเมินชุดต่อไปโดยทันที ซึ่งผู้วิจัยและครูผู้สอนประจำคาบร่วมกันแจก โดยดำเนินการแจกตามกลุ่มที่ได้รับ ด้วยรูปแบบของแบบประเมินประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ที่แตกต่างกัน คือกลุ่มนักเรียนที่อยู่บริเวณทางซ้ายมือจะได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 2 และนักเรียนที่นั่งบริเวณห้องทางขวามือจะได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน แบบการเลือกค่าเชื่อมชุดที่ 1 โดยแจกคว่ำแบบประเมิน

8. รอสัญญาณในการแจกจนครบให้ดำเนินการสอบจนครบเวลาที่กำหนดอีก 45 นาที

**การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชา
ฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน 2 ครั้ง ในกรณีเงื่อนไขของลำดับการสร้างแผนผังมโนทัศน์
แตกต่างกัน กรณีการออกแบบการวัดแบบแบ่งบางส่วน (O:F) x P**

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความคิดรวบยอดของนักเรียนที่ในกรณีลำดับการสร้างแผนผังมโนทัศน์แตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์จำนวน 39คน
การบริหารการสอน

ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลวันศุกร์ที่ 15 กุมภาพันธ์ 2555 เวลา 15.00 -16.40 น.

เวลาที่ใช้ในการประเมิน ทั้งหมด 90 นาที (เนื่องจาก ผู้วิจัยได้รับการอนุเคราะห์จาก
อ. อรทัย คงเหมือน อาจารย์ประจำวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4)ในความกรุณามอบเวลาสอนให้
ผู้วิจัยได้ประเมิน ทำให้ผู้วิจัยรับเวลาในการประเมินเต็มที่ 100นาที)

วิธีการดำเนินการ

1. ผู้วิจัยแนะนำตัวและชี้แจงวัตถุประสงค์ในการวิจัย พร้อมทั้งอธิบายรูปแบบของแบบ
ประเมิน ความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ให้นักเรียนที่
ได้รับการประเมินให้เข้าใจ พร้อมแนะนำวิธีการสร้างแต่ละรูปแบบ รวมทั้งกระบวนการสอบอย่าง
คร่าวๆ จนนักเรียนเข้าใจ ใช้เวลา 50นาที

2.ผู้วิจัยชี้แจงกระบวนการสอบให้อาจารย์ประจำรายวิชาในคาบที่ผู้วิจัยขอเวลาอาจารย์ใน
การเก็บรวบรวมข้อมูล ในคาบก่อนลงมือแจกแบบประเมิน ประมาณ 2 นาที

3. ผู้วิจัยและครูผู้สอนในวิชาประจำคาบเรียน ร่วมกันคุมสอบโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2
กลุ่ม จากนักเรียน 44 คนแบ่งออกเป็น กลุ่มละ 22 คน ซึ่งในช่วงแรกที่ผู้วิจัยเริ่มดำเนินการเก็บ
ข้อมูลปรากฏว่ามีนักเรียนไม่มาโรงเรียน 1 คน ทำให้มีกลุ่ม 20 คน จำนวน 1 กลุ่ม กลุ่มนักเรียน
จำนวน 22 คน 1 กลุ่ม ใช้เวลา 3 นาทีในการจัดกลุ่ม โดยสภาพห้องเรียนเป็นโต๊ะยาว จึงแบ่ง
นักเรียนให้นั่งหัวโต๊ะและท้ายโต๊ะ โดยใช้ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ห้อง 2503

4. ผู้วิจัยอธิบายชุดรูปแบบที่นักเรียนได้รับการประเมินจะได้รับแบบประเมินที่แตกต่างกัน
ทั้ง 2 กลุ่ม และจำนวนหน้าของชุดข้อสอบที่ไม่เท่ากัน รวมถึงระยะเวลาในการทำข้อสอบ โดย
นักเรียนที่นั่งบริเวณห้องทางฝั่งซ้ายตั้งแต่ริมประตูมาจนถึงกลางห้องจะได้รับรูปแบบของแบบ
ประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือก
คำเชื่อมชุดที่ 2 และนักเรียนที่นั่งอยู่บริเวณฝั่งขวา ตั้งแต่ริมหน้าต่างมาจนถึงกลางห้องจะได้รับ
รูปแบบของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน
แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 4 โดยกำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้แจกรูปแบบของแบบ

ประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 4 ทางฝั่งขวา และผู้วิจัย แจกแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำเชื่อมชุดที่ 2 ฝั่งซ้าย เมื่อแจกจนเสร็จซึ่งการแจกจะดำเนินการแจกโดยคว่ำหน้าแบบประเมินลง เพื่อป้องกันการมองเห็นข้อสอบก่อน อนุญาตให้ผู้สอบเปิดข้อสอบและตรวจเช็คจำนวนหน้าของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน

5. ให้นักเรียนลงมือทำแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน โดยจับเวลาที่ใช้ในการประเมินชุดแรก 45 นาที

6. ระหว่างในการดำเนินการสอบ ผู้วิจัยและผู้คุมสอบจะดำเนินการเขียนเวลาแจ้งเตือนหมดเวลา บนหน้ากระดาษไวท์บอร์ด ซึ่งจะมีการแจ้งเตือนก่อนหมดเวลา 2 ครั้ง คือ เหลือเวลา อีก 10 นาที และเหลือเวลาอีก 5 นาที โดยผู้วิจัยเป็นคนแจ้งเตือนทั้ง 2 ครั้ง

7. เมื่อหมดเวลาในการประเมินผู้วิจัยและครูผู้สอบร่วมกันเก็บแบบประเมิน ภายหลังดำเนินการเก็บข้อสอบ เป็นการแจกแบบประเมินชุดต่อไปโดยทันที ซึ่งผู้วิจัยและครูผู้สอนประจำคาบร่วมกันแจก โดยดำเนินการแจกตามกลุ่มที่ได้รับรูปแบบของแบบประเมินประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ที่แตกต่างกัน คือนักเรียนที่อยู่บริเวณทางซ้ายมือ ความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 3 และกลุ่มนักเรียนที่นั่งบริเวณห้องทางขวามือจะได้รับแบบประเมินจะได้รับแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำเชื่อมชุดที่ 4 โดยแจกคว่ำแบบประเมิน

8. รอสัญญาณในการแจกจนครบให้ดำเนินการสอบจนครบเวลาที่กำหนดอีก 45 นาที

การปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังแสดงในตาราง 70 ต่อไปนี้

ตาราง 70 การปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

สถานการณ์ ทดสอบก่อน ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ	ประเด็นของผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะ	ประเด็นที่ปรับแก้
ข้อ 1 ยกน้ำหนัก ขึ้น	ควรระบุด้วยว่ายกน้ำหนักขึ้นด้วยความเร็ว คงตัวหรือไม่	แก้ไข เพิ่มเงื่อนไขของสถานการณ์ ทดสอบ ยกน้ำหนักขึ้นด้วย ความเร็วคงตัว
ข้อ 2 ตีลูกปิงปอง	ควรระบุความชัดเจนในเรื่องของทิศทาง ของการตีลูกปิงปองว่าตีในแนวระนาบ หรือ ในแนวตั้ง	แก้ไข เพิ่มเงื่อนไขของสถานการณ์ ทดสอบ ตีลูกปิงปองในแนวราบ
ข้อที่ 3 พายเรือ ทวนกระแสน้ำ	เงื่อนไขในมโนทัศน์เจาะจง ที่ขึ้นกับระยะทาง ที่พาย เป็นระยะทางที่เรือเคลื่อนที่ได้ เพื่อ เกิดความชัดเจนในการตอบคำถาม	แก้ไข เปลี่ยนมโนทัศน์เจาะจงจาก ระยะทางที่พายเป็นระยะทางที่เรือ เคลื่อนที่ได้
ข้อที่ 4 มีอรับลูก เบสบอล	ควรระบุเงื่อนไขที่ชัดเจนในเรื่องของทิศทาง ของการรับลูกเบสบอลว่าต้องการรับลูกเบส บอลที่มีความสูงมาเกี่ยวข้องด้วยหรือไม่ หรือ ต้องการเฉพาะในแนวราบ	แก้ไข เพิ่มเงื่อนไขของสถานการณ์ ทดสอบใหม่ เป็น มีอรับลูกเบสบอล ในแนวราบ
ข้อที่ 5 เดินแบก กระเป๋า	ควรดำเนินการเปลี่ยนเงื่อนไขจากเดินเป็น ยืน เพราะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถนำคำมโนทัศน์ที่ กำหนดให้ ในเรื่องของพลังงานจลน์ลดลง หรือพลังงานจลน์เพิ่ม มาเติมได้ ทำให้นักเรียน ไม่เลือกคำตอบที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ก่อน	แก้ไข สถานการณ์ทดสอบใหม่ จากเดินแบกกระเป๋าเป็นยืนแบก กระเป๋า และปรับปรุงมโนทัศน์ เจาะจงที่เป็นเงื่อนไข จากน้ำหนัก ตั้งมากับการเคลื่อนที่เป็น แรง ลัพธ์ของกระเป๋าเป็นศูนย์

ตาราง 70 (ต่อ)

สถานการณ์		
ทดสอบก่อน	ประเด็นของผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะ	ประเด็นที่ปรับแก้
ผู้เชี่ยวชาญ		
ตรวจสอบ		
ข้อที่ 6 เดินขึ้นบันได	ควรระบุเงื่อนไขด้วยว่ามีการเดินด้วยความเร็วคงตัวหรือไม่ ควรดำเนินการปรับแก้เงื่อนไขในมโนทัศน์เจาะจงในส่วนของแรงที่กระทำ โดยต้องเปลี่ยนจากแรงที่รองเท้ากระทำต่อบันได ซึ่งมีทิศของแรงลงข้างล่าง ซึ่งสวนทางกับการเคลื่อนที่ ให้เป็น แรงที่บันไดกระทำต่อคนซึ่งมีความชัดเจนและมีความเหมาะสมกว่า	แก้ไข สถานการณ์ทดสอบจากเดิมเดินขึ้นบันได เป็นเดินขึ้นบันไดด้วยความเร็วคงตัว เปลี่ยนเงื่อนไขมโนทัศน์เจาะจงจากเดิม แรงที่รองเท้ากระทำต่อบันไดเป็น แรงที่บันไดกระทำต่อคน
ข้อที่ 7 ออกแรงเข็นรถเข็น	ต้องระบุความชัดเจนว่าแรงที่กระทำนั้นมีความเร็วที่คงตัว หรือเกิดความเร่งหรือไม่	เพิ่มเงื่อนไขของสถานการณ์ทดสอบ ออกแรงเข็นรถเข็นในตอนเริ่มต้น
ข้อที่ 9 งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปู	ควรดำเนินการบอกถึงสภาพการณ์ที่บ่งบอกให้เห็นภาพชัดเจนมากขึ้น ว่าในขณะที่กำลังทำอะไรร	เพิ่มเงื่อนไขลงไปสถานการณ์ทดสอบใหม่เป็น งานเนื่องจากเนื้อไม้ที่มีต่อตะปูขณะตอกตะปู
ข้อที่ 10 เดินหิ้วตระกร้า	ควรระบุเงื่อนไขที่ชัดเจนว่าเดินหิ้วตระกร้า มีความเร็วที่คงที่หรือไม่	เพิ่มเงื่อนไขของสถานการณ์เป็นเดินหิ้วตระกร้าด้วยความเร็วคงที่
ข้อที่ 12 ตีลูกเทนนิส	ควรระบุความชัดเจนในทิศทางของการตีลูกเทนนิสว่ามีทิศทางทางตีออกไปในแนวใด	เพิ่มเงื่อนไขของสถานการณ์ทดสอบตีลูกเทนนิสในแนวราบ
ข้อ 16 ดึงหนังสติ๊ก	ควรระบุความชัดเจนของแรงที่กระทำต่อหนังสติ๊กว่ามีการออกแรงกระทำด้วยความเร็วที่คงที่หรือไม่	เพิ่มเงื่อนไขของสถานการณ์ที่ทดสอบเป็นออกแรงดึงหนังสติ๊กด้วยความเร็วที่คงที่
ข้อ 18 เซทลูกวอลเลย์	ต้องระบุความชัดเจนในการเซทลูกวอลเลย์ว่าคิดในช่วงใด เพราะการเซทลูกวอลเลย์มีขั้นตอนในการเล่นตั้งแต่การตั้งรับ และการส่งลูก และในแต่ละช่วงทิศทางของแรงมีผล ต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	เพิ่มเงื่อนไขของสถานการณ์ โดยระบุว่า รับลูกวอลเลย์แบบตั้งเซทในแนวราบ

ตาราง 70 (ต่อ)

สถานการณ์	ประเด็นของผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะ	ประเด็นที่ปรับแก้
ทดสอบก่อน ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ		
ข้อ 19 รถวิ่งบน ลูกระนาด	เนื่องการวิ่งบนลูกระนาดของรถนั้น มีการพิจารณาสองส่วนที่สำคัญ คือ รถ หรือลูกระนาด การพิจารณาลูกระนาดนั้น ถือว่ามีแรงที่ต้งจากโดยลูกระนาดไม่มีการเคลื่อนที่จึงไม่อาจนำมาคิดให้งานเป็นลบ ได้ การพิจารณาจึงต้องพิจารณาจากรถเป็นสำคัญ ซึ่งการมองภาพการวิ่งของรถบนลูกระนาดก็มองภาพได้ค่อนข้างยาก ซึ่งสถานการณ์ทดสอบที่มีความใกล้เคียงและเป็นไปได้มากกว่าที่ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอขึ้นมาก็คือ การขับรถช้าลงบนถนนผิวขรุขระ เนื่องจากการขับช้าลงเป็นการบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์โดยลดลงจากเดิมที่ชัดเจน และมากกว่าการขับรถบนลูกระนาด และการระบุผิวขรุขระทำให้เห็นภาพการเคลื่อนที่ที่ไม่คงตัว	เปลี่ยนเงื่อนไขจากเดิมรถวิ่งบนลูกระนาดเป็น รถวิ่งช้าลงบนถนนผิวขรุขระ และเปลี่ยนมโนทัศน์ย่อยเจาะจงดังนี้ จากแรงที่ลูกระนาดกระทำต่อรถเป็นเป็น แรงที่พื้นถนนกระทำต่อรถ และเปลี่ยนระยะทางที่รถวิ่งบนลูกระนาดเป็น ระยะทางที่รถเคลื่อนที่
ข้อ 20 แบก ข้าวสาร	การคิดค่าแรงที่กระทำในดังกล่าวในมโนทัศน์ย่อยควรระบุให้มีความชัดเจนจากเดิมน้ำหนักตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ เป็น น้ำหนักของข้าวสารหรือคนที่มีการเคลื่อนที่ และการแบกข้าวสารทำให้ไม่สามารถมองไม่เห็นภาพว่าเกิดการเคลื่อนที่หรือไม่ จึงควรระบุว่าเดินหรือยืนแบกข้าวสาร	เพิ่มเงื่อนไขของสถานการณ์ทดสอบใหม่จากเดิม แบกข้าวสารเป็น เดินแบกข้าวสารด้วยความเร็วคงตัว

การปรับคะแนนให้เท่ากันของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผัง มโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับค่าคะแนนให้เท่ากันจากเดิมแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมทั้ง 4 ชุดมีค่าคะแนนเต็มเท่ากับ 78 คะแนน มีการปรับค่าคะแนนใหม่ดังนี้ ให้มีคะแนนเต็มเท่ากับ 47 คะแนน

ส่วนของคำตอบ

ส่วน 1.1 เดิม คะแนนเต็มเท่ากับ 2 ปรับใหม่คะแนนเต็มเท่ากับ 1

ตัดส่วนที่นักเรียนสร้างกรอบล้อมรอบคำมโนทัศน์หลักจากเดิมที่มีคะแนนเท่ากับ 1 คะแนน

ส่วน 1.2 เดิม คะแนนเต็มเท่ากับ 5 คะแนน ปรับใหม่ให้มีคะแนนเต็มเท่ากับ 3 คะแนน

ตัดส่วนที่นักเรียนสร้างกรอบล้อมรอบคำมโนทัศน์รองจากเดิมที่มีคะแนนเท่ากับ 1 คะแนน

ตัดคะแนนส่วนที่ถามจำนวนของคำมโนทัศน์รอง จากเดิมที่มี 1 คะแนน เป็นไม่คิดคะแนนในส่วนนี้

ส่วน 1.3 เดิม คะแนนเท่ากับ 7 คะแนน ปรับใหม่มีคะแนนเต็มเท่ากับ 5

ตัดส่วนที่นักเรียนสร้างกรอบล้อมรอบคำมโนทัศน์ย่อยจากเดิมที่มีคะแนนเท่ากับ 1 คะแนน

ตัดคะแนนส่วนที่ถามจำนวนของคำมโนทัศน์ย่อย จากเดิมที่มี 1 คะแนน เป็นไม่คิดคะแนนในส่วนนี้

ส่วน 1.4 เดิม คะแนนเต็มเท่ากับ 15 คะแนน ปรับคะแนนใหม่ 13 คะแนน

ตัดคะแนนส่วนที่ถามจำนวนของคำมโนทัศน์เจาะจง จากเดิมที่มี 1 คะแนน เป็นไม่คิดคะแนนในส่วนนี้

ตัดส่วนที่นักเรียนสร้างกรอบล้อมรอบคำมโนทัศน์เจาะจงจากเดิมที่มีคะแนนเท่ากับ 1 คะแนน

ส่วน 1.5 เดิม คะแนนเต็มเท่ากับ 4 คะแนน กลายเป็นไม่คิดค่าคะแนนในส่วนนี้ เป็นส่วนของการจัดเรียงผังมโนทัศน์ ซึ่งเป็นส่วนที่ซ้ำซ้อนกับการสร้างผัง จึงดำเนินการตัดคะแนนในส่วนนี้

ส่วน 1.6 เดิมมีคะแนนเต็มเท่ากับ 21 คะแนน ที่เกิดจากการให้นักเรียนเติมลูกศรทางเดียว มีการปรับค่าคะแนน กลายเป็น 0 คะแนน เนื่องจากในส่วนที่ 1.7 มีค่าคะแนน ที่เกิดจากการใส่คำเชื่อมบนลูกศรอยู่แล้ว

ส่วน 1.8 มีค่าคะแนนเต็มเท่ากับ 3 คะแนน ตัดค่าคะแนนในส่วนจำนวนของลูกศร และจำนวนของคำมโนทัศน์ เหลือ 1 คะแนน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับค่าคะแนนให้เท่ากันจากเดิมแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ด้วยการสร้างผังคำและคำเชื่อมทั้ง 4 ชุดมีค่าคะแนนเต็มเท่ากับ 78 คะแนน มีการปรับค่าคะแนนใหม่ดังนี้ ให้มีคะแนนเต็มเท่ากับ 47 คะแนน ซึ่งมีคะแนนที่ตัดออกไปจากเดิม แสดงในตาราง 71 ดังต่อไปนี้

ตาราง 71 การปรับคะแนนให้เท่ากันของแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม

ส่วนที่ปรับปรุง	คะแนนเดิม(เดิม)	คะแนนเดิม (ใหม่)	ประเด็นพิพาทที่แก้ไข	เหตุผล
ส่วน 1.1 คำมโนทัศน์หลัก	2	1	- ตัดส่วนที่นักเรียนสร้าง กรอบล้อมรอบคำมโนทัศน์ หลัก	- เป็นความซ้ำซ้อนใน ผังมโนทัศน์ส่วน สุดท้าย
ส่วน 1.2 คำมโนทัศน์รอง	5	3	- ตัดส่วนที่นักเรียนสร้าง กรอบล้อมรอบคำมโนทัศน์ รอง - ตัดคะแนนส่วนที่ถาม จำนวนของคำมโนทัศน์รอง	- เป็นความซ้ำซ้อนใน ผังมโนทัศน์ส่วน สุดท้าย - ไม่เกี่ยวข้องกับ กระบวนการวัด
ส่วน 1.3 คำมโนทัศน์ย่อย	7	5	- ตัดส่วนที่นักเรียนสร้าง กรอบล้อมรอบคำมโนทัศน์ ย่อย - ตัดคะแนนส่วนที่ถาม จำนวนของคำมโนทัศน์ย่อย	- เป็นความซ้ำซ้อนใน ผังมโนทัศน์ส่วน สุดท้าย - ไม่เกี่ยวข้องกับ กระบวนการวัด
ส่วน 1.4 คำมโนทัศน์ เจาะจง	15	13	- ตัดส่วนที่นักเรียนสร้าง กรอบล้อมรอบคำมโนทัศน์ เจาะจง - ตัดคะแนนส่วนจำนวนของ คำมโนทัศน์เจาะจง	- เป็นความซ้ำซ้อนใน ผังมโนทัศน์ส่วน สุดท้าย - ไม่เกี่ยวข้องกับ กระบวนการวัด
ส่วน 1.5 การจัดเรียงผัง มโนทัศน์	4	2	- ปรับค่าคะแนนการวางผัง จัดเรียงมโนทัศน์ออก	- ลดความสำคัญลง บางส่วน เนื่องจาก ซ้ำซ้อนกับผังมโน ทัศน์
ส่วน 1.6 จำนวนลูกศร	21	0	-ตัดคะแนนการใส่เส้นเชื่อม	- เป็นความซ้ำซ้อนใน ผังมโนทัศน์ส่วน สุดท้าย
ส่วน 1.8 สรุปผัง	3	2	-ตัดค่าคะแนนในส่วนจำนวน ของลูกศร	

การปรับคะแนนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์
แบบการเลือกคำเชื่อม

แบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม เดิมมีคะแนนเต็มอยู่ที่ 54 คะแนน ผู้วิจัยได้มีการปรับคะแนนโดยลดจำนวนคะแนนลงให้เท่ากับคะแนนเต็มที่ได้จากแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม ซึ่งเท่ากับ 47 คะแนน โดยที่จำนวน 6 ข้อ คงเดิม แสดงดังตาราง 73 ดังนี้

ตาราง 72 การปรับคะแนนของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม

ส่วนที่ปรับปรุง	คะแนนเต็ม(เดิม)	คะแนนเต็ม(ใหม่)	ประเด็นพิจารณาที่แก้ไข	เหตุผล
ข้อ 1.1	5	3	ตัดส่วนที่เป็นการสร้างกรอบล้อมคำ กลุ่มโนทัศน์หลัก ตัดส่วนจำนวนของกลุ่มคำโนทัศน์หลัก	ลดความซ้ำซ้อน ของในผังมโน ทัศน์สุดท้าย
ข้อ 1.2	7	5	ตัดส่วนที่เป็นการสร้างกรอบล้อมคำ กลุ่มโนทัศน์รอง ตัดส่วนจำนวนของกลุ่มคำโนทัศน์รอง	ลดความซ้ำซ้อน ของในผังมโน ทัศน์สุดท้าย
ข้อ 1.3	15	13	ตัดส่วนที่เป็นการสร้างกรอบล้อมคำ กลุ่มโนทัศน์ย่อย ตัดส่วนจำนวนของกลุ่มคำโนทัศน์ย่อย	ลดความซ้ำซ้อน ของในผังมโน ทัศน์สุดท้าย
ข้อ 1.4	4	4	-	-
ข้อ 1.5	21	21		
ข้อ 1.6	2	1	ตัดส่วนถามจำนวนกลุ่มคำโนทัศน์	ระบุในโจทย์ ก่อนแล้ว



ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ข้อความรายชื่อ

ตาราง 73 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้
แผนผังมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน

ข้อ	รายการประเมิน	ค่า IOC	จุดมุ่งหมายในการทดสอบ									ผลการประเมิน
			1 งานเป็นบวก และมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์	2 งานเป็นลบ และมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์	3 งานเป็นศูนย์ และมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์	4 งานเป็นบวก และมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์	5 งานเป็นลบ และมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์	6 งานเป็นศูนย์ และมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์	7 งานเป็นบวก และมีพลังงานคงตัว	8 งานเป็นลบ และมีพลังงานคงตัว	9 งานเป็นศูนย์ และมีพลังงานคงตัว	
1	ยกน้ำหนักขึ้น	0.99	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0.8	-1	ผ่านเกณฑ์
2	ตีลูกปิงปองในแนวราบ	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	ผ่านเกณฑ์
3	พายเรือทวนกระแสน้ำ	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	ผ่านเกณฑ์
4	มือรับลูกเบสบอลในแนวราบ	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	ผ่านเกณฑ์
5	ยื่นแบกกระเป๋า	0.97	-1	-1	-0.8	-1	-1	-0.8	-1	-1	1	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 74 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 1

ข้อ	p	r	ผลการคัดเลือก
1	0.75	0.50	คัดไว้
2	0.50	0.67	คัดไว้
3	0.58	0.42	คัดไว้
4	0.54	0.75	คัดไว้
5	0.67	0.67	คัดไว้
6	0.56	0.81	คัดไว้
7	0.47	0.82	คัดไว้
8	0.67	0.67	คัดไว้

ตาราง 75 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและความยากง่ายรายข้อและของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 2

ข้อ	p	r	ผลการคัดเลือก
1	0.75	0.50	คัดไว้
2	0.50	0.67	คัดไว้
3	0.56	0.89	คัดไว้
4	0.50	0.80	คัดไว้
5	0.72	0.56	คัดไว้
6	0.48	0.67	คัดไว้
7	0.38	0.65	คัดไว้
8	0.67	0.67	คัดไว้

ตาราง 76 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 3

ข้อ	p	r	ผลการคัดเลือก
1	0.67	0.67	คัดไว้
2	0.50	0.78	คัดไว้
3	0.61	0.78	คัดไว้
4	0.55	0.97	คัดไว้
5	0.61	0.78	คัดไว้
6	0.45	0.73	คัดไว้
7	0.41	0.71	คัดไว้
8	0.61	0.78	คัดไว้

ตาราง 77 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม ชุดที่ 4

ข้อ	p	r	ผลการคัดเลือก
1	0.75	0.50	คัดไว้
2	0.50	0.78	คัดไว้
3	0.54	0.92	คัดไว้
4	0.47	0.80	คัดไว้
5	0.50	1.00	คัดไว้
6	0.48	0.67	คัดไว้
7	0.39	0.60	คัดไว้
8	0.61	0.78	คัดไว้

ตาราง 78 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำตอบ ชุดที่ 1

ข้อ	p	r	ผลการคัดเลือก
1	0.67	0.67	คัดไว้
2	0.63	0.75	คัดไว้
3	0.48	0.77	คัดไว้
4	0.67	0.67	คัดไว้
5	0.57	0.82	คัดไว้
6	0.33	0.67	คัดไว้

ตาราง 79 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำตอบ ชุดที่ 2

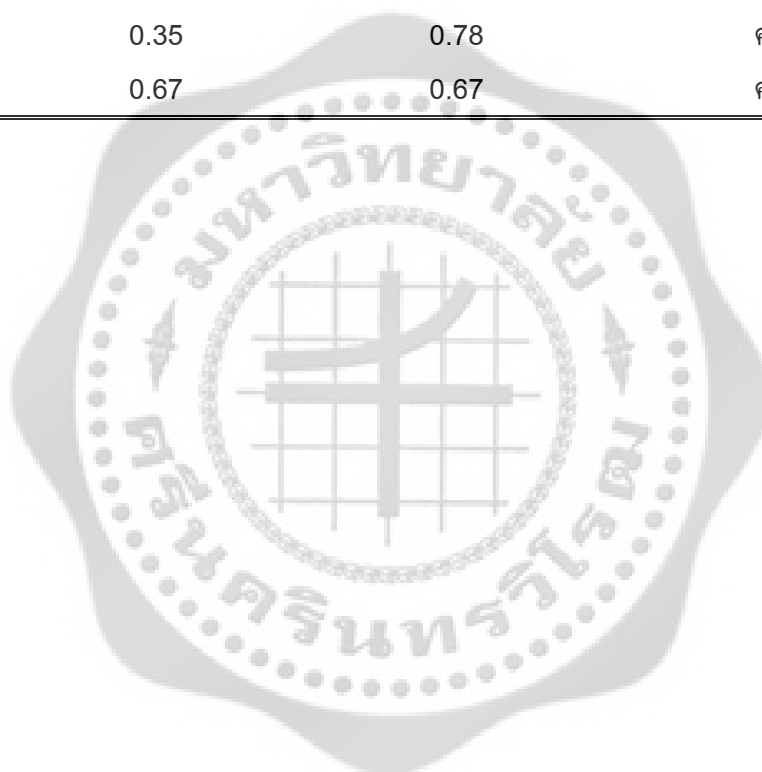
ข้อ	p	r	ผลการคัดเลือก
1	0.53	0.67	คัดไว้
2	0.50	0.83	คัดไว้
3	0.43	0.85	คัดไว้
4	0.50	0.56	คัดไว้
5	0.47	0.65	คัดไว้
6	0.67	0.67	คัดไว้

ตาราง 80 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของประเมินแบบความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำตอบ ชุดที่ 3

ข้อ	p	r	ผลการคัดเลือก
1	0.50	0.83	คัดไว้
2	0.63	0.75	คัดไว้
3	0.67	0.72	คัดไว้
4	0.56	0.44	คัดไว้
5	0.49	0.58	คัดไว้
6	0.75	0.50	คัดไว้

ตาราง 81 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อและและความยากง่ายรายข้อของแบบประเมินความคิดรวบยอด
โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานแบบการเลือกคำตอบที่ 4

ข้อ	p	r	ผลการคัดเลือก
1	0.46	0.75	ตัดไว้
2	0.38	0.83	ตัดไว้
3	0.38	0.70	ตัดไว้
4	0.61	0.56	ตัดไว้
5	0.35	0.78	ตัดไว้
6	0.67	0.67	ตัดไว้





รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

อาจารย์อรรถัย คงเหมือน	โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา
อาจารย์ดวงแข ชุมพล	โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา
อาจารย์ประกอบ มณีโรจน์	ศึกษานิเทศก์เชี่ยวชาญพิเศษระดับ9 สังกัด สำนักงานเขต พื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเขต 2 สงขลา
อาจารย์ดร.สนอง ทองปาน	อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์โอภาส สุขหวาน	อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ





ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายเอกนิษฐ์ บุญสอาด
วันเดือนปีเกิด	14 มิถุนายน 2531
สถานที่เกิด	อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	32 ซ 1 สาครมงคล ถนนสาครมงคล อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2549	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์กุลกันยา
พ.ศ. 2553	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) เกษตรศาสตร์ เกียรตินิยมอันดับ 1 จาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
พ.ศ. 2556	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ