การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ณัฐวุฒิ ยกน้อยวงค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2561

The Development of Reasoning and Physics Problem-Solving Skills by Using Logical Problem Solving Strategy together with Concept Mapping of Upper Secondary School Students

Nattawut Yoknoiwong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Education

Department of Curriculum and Instruction

College of Education Science, Dhurakij Pundit University

2018

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ชื่อผู้เขียน ณัฐวุฒิ ยกน้อยวงค์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน
สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการให้เหตุผล และทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการให้เหตุผล แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ใช้แบบแผนการทดลองเป็นแบบกลุ่มเดียววัดสองครั้งโดยใช้เวลาในการทดลอง 22 คาบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน การทดสอบค่าที และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ทักษะการให้เหตุผลมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันทางบวกกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. ทักษะการให้เหตุผลมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

6. ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

7. ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์อยู่ในระดับมาก และสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Thesis Title The Development of Reasoning and Physics ProblemSolving Skills by Using Logical Problem Solving Strategy together with Concept Mapping of Upper Secondary School Students
Author Nattawut Yoknoiwong
Thesis Advisor Dr. Thunyakorn Chuaytukpuan
Department Curriculum and Instructions
Academic Year 2017

ABSTRACT

The purposes of this research aimed to compare the achievement, reasoning and physics problem solving skills between pre and post the learning by using logical problem solving strategy together with concept mapping and study the student satisfaction towards in learning by using logical problem solving strategy together with concept mapping. The samples used in this study were 37 students of Matthayomsuksa IV of Sopisaipittayaknom School, Bueng kan, who were studying in second semester of the academic year 2017 by cluster random sampling. The research instruments consisted of learning by using logical problem solving strategy together with concept mapping on the physics learning plan, achievements test, reasoning skills test, physics problem solving skills test and the student satisfaction towards in learning evaluation papers. This research is one group pre-test, post-test design and the duration taken 22 periods. The tools for data analysis were basic statistics, t-test dependent, one sample t-test and Pearson's correlation coefficient analysis.

The results of found that:

1. The learning achievement result of the student after learning by using logical problem solving strategy together with concept mapping was undertaken were higher, at the significant at the .01 level.

2. The reasoning skills result of the student after learning by using logical problem solving strategy together with concept mapping was undertaken were higher, at the significant at the .01 level.

3. The physics problem solving skills result of the student after learning by using logical problem solving strategy together with concept mapping was undertaken were higher, at the significant at the .01 level.

4. The reasoning skills has been related to physics problem solving skills, at the significant at the .01 level.

5. The reasoning skills has been related to learning achievement, at the significant at the .01 level.

6. The physics problem solving skills has been related to learning achievement, at the significant at the .01 level.

7. The student satisfaction on learning by using logical problem solving strategy together with concept mapping was at the high level and higher than the standard, at the significant at the .01 level.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนร่วมต่อความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ดังนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อนอย่างสุดซึ้ง ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ แนวคิด วิธีการ และให้คำแนะนำในการทำงานให้มีคุณภาพ อีกทั้งยังได้ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ เสียสละ ทุ่มเททั้งแรงกายแรงใจเพื่อให้ลูกศิษย์ได้ประสบความสำเร็จดั่งที่ตั้งใจ

ขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ทัศนีย์ ชาติไทย และรองศาสตราจารย์ ดร. ณสรรค์ ผลโภค ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข และวิจารณ์ผลงาน เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย และได้ปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่อง อีกทั้งยังให้คำแนะนำในการสร้างเครื่องมือให้ถูกต้องและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ กำลังใจ และความอนุเคราะห์ที่ดีเสมอมา จนทำให้เกิดความสำเร็จในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ซึ่งคอยสนับสนุนทุนทรัพย์สำหรับการศึกษาให้ผู้วิจัยมาตลอดทั้งชีวิต ผู้ซึ่งคอยอบรมสั่งสอน เลี้ยงดูให้เป็นคนดีของสังคม และเป็นแรงผลักดันในการเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน เพื่อที่จะได้ประกอบวิชาชีพครูและเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ลูกศิษย์

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนถึงทุกวันนี้

ณัฐวุฒิ ยกน้อยวงค์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ
กิตติกรรมประกาศ ช
สารบัญตาราง ฎ
สารบัญภาพ ฏ
บทที่
1. บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 5
1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย 5
1.5 ขอบเขตการวิจัย 6
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 7
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
2.1 กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะ 12
2.2 แผนผังมโนทัศน์ 21
2.3 กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ 30
2.4 ทักษะการให้เหตุผล 34
2.5 ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา 44
2.6 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 60
2.7 ความพึงพอใจ 67
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 72

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3. ระเบียบวิธีวิจัย	77
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	77
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	77
3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	79
3.4 รูปแบบการวิจัย	85
3.5 การดำเนินการวิจัย	86
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	86
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	88
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	92
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	92
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	93
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบทักษะการให้เหตุผลก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	94
4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	95
4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	96
4.6 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	97

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5. ระเบียบวิธีวิจัย	98
5.1 สรุปผลการวิจัย	100
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	100
5.3 ข้อเสนอแนะ	107
บรรณานุกรม	109
ภาคผนวก	118
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือ	119
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือ	124
ภาคผนวก ค ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	159
ภาคผนวก ง การเก็บรวบรวมข้อมูล	167
ประวัติผู้เขียน	202

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 เปรียบเทียบและสรุปขั้นตอนกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จากแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษา 20
2.2 สรุปการสังเคราะห์ขั้นตอนกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของผู้วิจัย 21
2.3 ขั้นตอนกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของผู้วิจัย 31
2.4 แสดงรายละเอียดของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการใช้เหตุผล ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 41
3.1 แบบแผนการทดลอง 85
4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ 93
4.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการให้เหตุผลก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ 94
4.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ 95
4.4 ค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ 96
4.5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ 97

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 5
2.1 แผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก 25
2.2 แผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายเปิด 25
2.3 แผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง 26
2.4 แผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายปิดหรือปิดล้อมเป็นวง 26
2.5 ประเภทของโครงสร้างแผนผังมโนทัศน์ 27
2.6 กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ 33
2.7 ขั้นตอนในการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 54

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

คริสต์ศตวรรษที่ 21 เป็นยุคที่เทคโนโลยีมีการเติบโต และพัฒนาอย่างก้าวกระโดด ทำให้นักเรียนสามารถเข้าถึง ข้อมูล ข่าวสาร และความรู้ต่าง ๆ ได้ด้วยความสะดวกและรวดเร็ว ส่งผลให้พฤติกรรมและความสนใจในการเรียนของ นักเรียนในยุคนี้เปลี่ยนไป การจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน ในคริสต์ศตวรรษที่ 21 จึงไม่ได้มุ่งเน้นเพียงแค่การให้นักเรียน เข้าใจและจดจำความรู้ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ เท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการพัฒนาทักษะและความสามารถในการรวบรวม วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่อย่างมากมาย เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาที่นักเรียนเผชิญอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ (กวิน เชื่อมกลาง, 2560) ทักษะการให้เหตุผลเป็นหนึ่งในความสามารถที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสำเร็จให้แก่นักเรียน ทักษะการให้เหตุผลนั้นเปรียบเสมือนความสามารถในการเดินทางจุด ก ที่เป็นปัญหา ไปยังจุด ข ที่เป็นคำตอบของปัญหาอย่างมีเหตุผล มีทิศทางมากว่าการเดาสุ่มอย่างไร้ทิศทาง (วิชัย เสวกงาม, 2557) เช่นเดียวกับวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องอาศัยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มาอธิบายและตอบคำถามต่าง ๆ ที่เป็นข้อสงสัย การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Kuhn, 1993 อ้างถึงใน ชานนท์ คำปิวทา, 2559, น. 2) เพราะเป็นกระบวนการคิดที่ต้องมีการเชื่อมโยงความรู้และข้อมูลต่างๆ (Giere, 1991 อ้างถึงใน ชานนท์ คำปิวทา, 2559, น. 3) อีกทั้ง ต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อให้สามารถอธิบายหรือลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานนั้น ๆ ได้ (Lawson, 2009 อ้างถึงใน ชานนท์ คำปิวทา, 2559, น. 3) แต่ปัจจุบันนักเรียนมีแนวโน้มทักษะการให้เหตุผลและการประยุกต์ใช้ความรู้ลดลงเห็นได้จากการประเมินผลการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนนานาชาติหรือ PISA (Programme for International Student Assessment) ที่มีอายุ 15 ปี เพื่อสำรวจศักยภาพในการประยุกต์ความรู้ ทักษะการให้เหตุผล และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 - 2015 พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD และอยู่ในระดับที่ 2 จากทั้งหมด 6 ระดับ หมายความว่านักเรียนไม่สามารถระบุ อธิบาย และประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่หลากหลาย

ได้ และไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างการอธิบายและการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อเป็นเหตุผลในการตัดสินใจ นักเรียนไม่สามารถแสดงออกถึงการใช้ความคิดและการเป็นเหตุเป็นผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับสูงได้ และเมื่อพิจารณาในส่วนของการตอบคำถามพบว่า นักเรียนได้คะแนนน้อยที่สุดในการตอบคำถามที่ต้องให้เหตุผลประกอบคำอธิบาย (สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ, 2550) จากเหตุผลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าระดับความสามารถและทักษะในการให้เหตุผลของนักเรียนไทยควรได้รับการพัฒนา

วิชาฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่สำคัญในการฝึกทักษะความรู้พื้นฐานของการนำไปใช้ในวิชาต่าง ๆ และมุ่งให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิต โดยเน้นกระบวนการให้นักเรียนเกิดความคิด ความเข้าใจ และฝึกให้นักเรียน รู้จักคิดเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (นิภาพร ช่วยธานี, 2555, น. 39) และวิชาฟิสิกส์ถือเป็นหัวใจสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งเป็นวิชาที่ใช้ตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ (Constant, 1967 อ้างถึงใน มนต์ชัย สิทธิจันทร์, 2547 น. 1) แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาฟิสิกส์เท่าที่ควร เนื่องจากเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่จะเป็นการแก้โจทย์ปัญหา ที่มีการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ ต้องอาศัยการแปลความโจทย์ปัญหาไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ กราฟ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรพีชคณิต และสมการต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง ทำให้นักเรียนมักจะประสบปัญหาด้านการวิเคราะห์โจทย์ และไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ นักเรียนจึงไม่สามารถนำกฎ ทฤษฎี สมการต่าง ๆ ไปใช้แก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง (Redish, 2003 อ้างถึงใน เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 2) หรือนักเรียนสามารถท่องจำสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ได้ แต่นักเรียนไม่รู้ว่าโจทย์ปัญหาแบบไหนต้องใช้สมการใดในการแก้ปัญหา ทำให้เป็นอุปสรรคอย่างยิ่งในการเรียนวิชาฟิสิกส์ (ตะวัน พันธ์ขาว, 2556, น. 117) โดยปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถและทักษะในการแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์ต่ำลง จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการเรียนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนไทยยังคงเป็นปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไข โดยนักฟิสิกส์ศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่าการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักของการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ เพื่อจะขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ไปสู่ผลสำเร็จ (Metallidou, 2009 อ้างถึงใน เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 2) ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์นั้นได้มีนักฟิสิกส์ศึกษาและสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้คิดค้นและพัฒนากระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาที่ดีนักเรียนต้องมีกระบวนการขั้นตอนที่จำเป็นต่อการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจต่อการแก้ปัญหาและมีการกระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนค้นหาวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ซึ่งในระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา ขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้มีนักวิชาการทำการศึกษาและพัฒนากันอย่างต่อเนื่อง โดยส่วน

ใหญ่ได้พิจารณากลยุทธ์ เทคนิค กระบวนการแก้ปัญหาหลายรูปแบบ แต่รูปแบบที่น่าสนใจคือการใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะ ซึ่งทำให้การแก้โจทย์ปัญหาที่มีความยุ่งยากดูง่ายขึ้น และสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิด และหลักการทางฟิสิกส์ สำหรับการไปใช้แก้โจทย์ปัญหา สอดคล้องกับหลักการของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่จะประสบความสำเร็จได้ต้องประกอบด้วยปัจจัย 2 ประการ คือ ประการแรก นักเรียนต้องรู้เข้าใจแนวคิด ทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์ และประการที่สอง นักเรียนต้องมีกลยุทธ์ในการใช้แนวคิด ทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์ ในการนำไปใช้แก้ปัญหา (Portoles & Lopez, 2008 อ้างถึงใน เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 3) จากแนวคิดดังกล่าวนำไปสู่คำถามว่า ทำอย่างไรนักเรียนจึงจะมีความรู้ความเข้าใจหลักการทางฟิสิกส์ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน ซึ่งกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะเป็นวิธีการที่ทำให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาได้

การใช้แผนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เป็นรูปแบบที่ประยุกต์มาจากทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (A Theory of meaningful Verbal Learning) ของออซูเบล (Ausubel, 1963 อ้างถึงใน สุภัทรา ตันติวิทยมาศ, 2554, น. 4) ซึ่งมีแนวความคิดว่าในการเรียนการสอน ผู้สอนควรจะสอนสิ่งที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ที่นักเรียนมีอยู่เดิม โดยความรู้เดิมจะอยู่ในส่วนของโครงสร้างความรู้ (Cognitive Structure) ที่สะสมอยู่ในสมองและมีการจัดระบบไว้อย่างดี หากมีการเชื่อมโยงความรู้เก่าและความรู้ใหม่อย่างมีระดับชั้นจะเกิดเป็นกรอบมโนทัศน์และการบันทึกประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ได้รับ กล่าวคือ การรับรู้หรือการค้นพบ ถือเป็นขั้นแรกของการเรียนรู้ ถ้าผู้เรียนมีความตั้งใจจะให้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่เกิดความคงทนจำได้นาน จะต้องนำไปสัมพันธ์กับสิ่งที่รู้มาก่อนแล้ว ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย แผนผังมโนทัศน์เป็นเทคนิคที่มีประโยชน์ในการสร้างกระบวนการคิดและลงสรุปความคิดได้ดี จนกลายเป็นรูปแบบที่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน (Novak, 1973 อ้างถึงใน สุภัทรา ตันติวิทยมาศ, 2554, น. 5)

จากเหตุผลและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเป็นแนวทางแก่ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แก่นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อีกทั้งเป็นแนวทางในการพัฒนานักเรียนให้มีทักษะการให้เหตุผลและการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ตลอดจนส่งเสริมให้นักเรียนมีโอกาสพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและการแก้โจทย์ปัญหา ที่นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการให้เหตุผล ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

5. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

6. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

7. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์มีทักษะการให้เหตุผล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์มีทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. ทักษะการให้เหตุผลกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

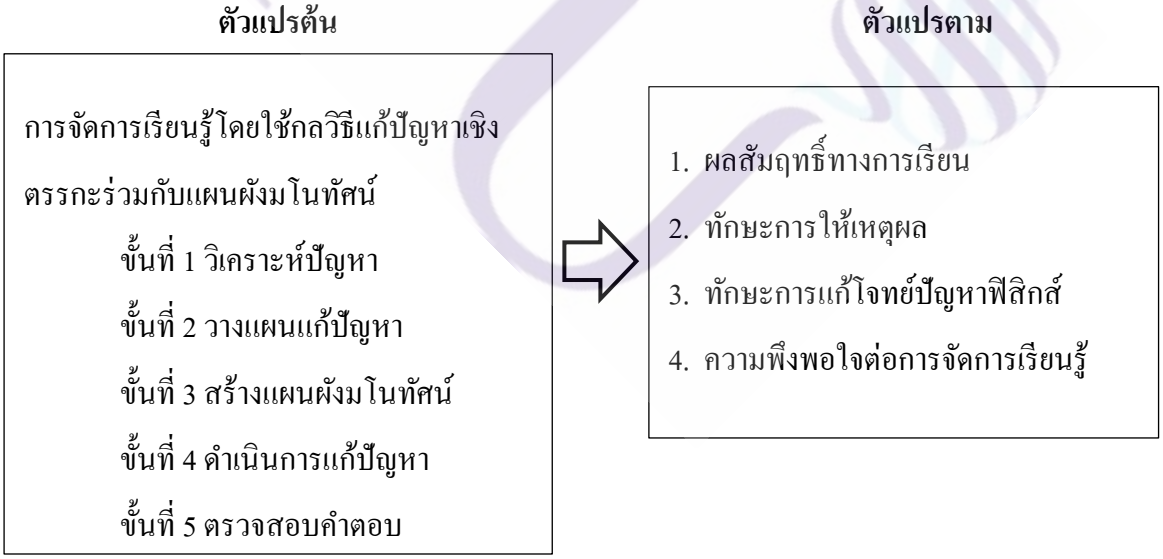
5. ทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

6. ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

7. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

1.4 กรอบแนวคิดงานวิจัย

การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักของการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ (Metallidou, 2009) แต่ประเด็นเรื่องความยากในวิชาฟิสิกส์ที่มาจากการแก้ปัญหาโจทย์ คือ การเชื่อมโยงสถานการณ์ที่แสดงปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ การนำนิยาม หลักการ กฎ และทฤษฎีมาใช้ ยังพบว่านักเรียนไม่สามารถเริ่มต้นแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง และไม่มีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้องเพียงพอ (สมศักดิ์ โสภณพิจ, 2543) การเรียนวิชาฟิสิกส์ผู้เรียนจะต้องอาศัยกระบวนการคิดที่เป็นขั้นตอนจึงจะสามารถแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง (เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556) และการให้เหตุผลยังเป็นหนึ่งในความสามารถที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสำเร็จให้แก่ผู้เรียน (วิชัย เสวกงาม, 2557) จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ พบว่า กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะสามารถจัดระบบความคิดเพื่อให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนและมีความชัดเจน นอกจากนี้การใช้แผนผังมโนทัศน์ยังสามารถพัฒนาทักษะเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลหรือสถานการณ์ การคิดรูปแบบต่าง ๆ ได้ดี ตัวอย่างเช่น การจัดการกรอบความคิด การสร้างความคิดรวบยอด การจัดลำดับความสำคัญ เป็นต้น (สุภัทรา ตันติวิทยมาศ, 2554) และแผนผังมโนทัศน์ยังเป็นเครื่องมือประเมินผล สามารถใช้วัดความรู้ความสามารถในการใช้เหตุผลของนักเรียนและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อีกด้วย (กำพล ดำรงวงศ์, 2540) จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยไว้ ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 3 ห้องเรียน รวม 119 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 37 คน ซึ่งแต่ละห้องการจัดการเรียนเป็นแบบคละความสามารถและนักเรียนมีความสามารถใกล้เคียงกัน

2. ตัวแปร

2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

2.2 ตัวแปรตาม คือ

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2) ทักษะการให้เหตุผล

3) ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

4) ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

3. เนื้อหา

เนื้อหาวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นเนื้อหาในหนังสือเรียนวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของบริษัท อักษรเจริญทัศน์ (อจท.) จำกัด จำนวน 1 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน แบ่งออกได้ดังนี้

3.1 โมเมนตัม

3.2 แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

3.3 การดลและแรงดล

3.4 การชนและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

1) การชนในหนึ่งมิติ

2) การชนในสองมิติ

3) การระเบิด

3.5 โมเมนตัมและพลังงาน

4. ระยะเวลา

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลา 6 สัปดาห์ รวม 22 คาบ คาบละ 50 นาที โดยทำการทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ ดำเนินกิจกรรมจัดการเรียนรู้ 18 คาบ และทดสอบหลังเรียน 2 คาบ

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะ หมายถึง กลวิธีหรือยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่มีขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน

แผนผังมโนทัศน์ หมายถึง แผนภาพที่แสดงการประมวลความคิดของนักเรียน เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างเป็นละดับขั้นตอน โดยถ่ายทอดออกมาในลักษณะแผนผัง มีการเชื่อมโยงกลุ่มคำด้วยเส้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยใช้ ในการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งผู้วิจัยสังเคราะห์มาจากนักวิชาการ 6 ท่าน คือ 1.เชอคูริ (Chekuri, 1996) 2.โพลยา (Polya, 1997) 3.เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller, K. and Heller, P., 2000) 4.ดิงค์และฮาร์แคมป์ (Ding & Harskamp, 2007) 5.โรจาร์ (Rojas, 2010) และ 6.เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาเพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้น โดยการแปลความหมายจากโจทย์ ค้นหาสิ่งที่โจทย์ถามหา สิ่งที่โจทย์กำหนดมา ขีดเส้นใต้ใส่ตัวแปร วาดภาพประกอบพร้อมระบุสัญลักษณ์

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ในรูปของตัวแปรและสมการทางคณิตศาสตร์โดยมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและตัวแปรที่ทราบค่า กำหนดหลักการ ทฤษฎีและสูตรทางฟิสิกส์ที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 สร้างแผนผังมโนทัศน์ เป็นขั้นตอนของการจัดระบบทางความคิด โดยนำข้อมูลจากขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 สร้างแผนผังมโนทัศน์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแก้โจทย์ปัญหามากยิ่งขึ้น มีการเลือกมโนทัศน์หลัก จัดกลุ่มคำ เขียนมโนทัศน์ย่อย และเชื่อมโยงความสัมพันธ์

ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนในการค้นหาคำตอบ โดยการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ และดำเนินตามแผนการที่ได้วางไว้

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นตรวจหาความผิดพลาด ตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ สมเหตุสมผลหรือไม่ และหน่วยที่ใช้ถูกต้องหรือไม่

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในด้านความรู้ความเข้าใจที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน วัดได้จากคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งประเมินโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ 1) ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ และ 4) การวิเคราะห์

ทักษะการให้เหตุผล หมายถึง ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลเกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งวัดและประเมินโดยใช้แบบวัดทักษะการให้เหตุผล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยแบบทดสอบแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) แบบปรนัย และ 2) แบบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) ทักษะการให้เหตุผลที่วัดมีทั้งหมด 3 ประเด็น ได้แก่ 1) การตีความ แปลความหลักฐานและลงข้อสรุป 2) การให้เหตุผล สนับสนุน หรือคัดค้านข้อตกลงเบื้องต้นที่นำไปสู่ข้อสรุป 3) สื่อสารข้อสรุปและบอกหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุป (PISA, 2003)

ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง ทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา วัดและประเมินโดยใช้แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยแบบทดสอบแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) แบบปรนัย และ 2) แบบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่วัดมีทั้งหมด 6 ประเด็น ได้แก่ 1) ค้นหาจุดมุ่งหมายของโจทย์ปัญหา 2) วิเคราะห์และแปลความหมายของโจทย์ปัญหา 3) วางแผนและเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหา 4) สร้างแผนผังมโนทัศน์จากโจทย์ปัญหา 5) ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาและปฏิบัติตามแผน และ 6) ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ

ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้สึกชอบใจ พอใจ ของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ซึ่งวัดได้จากคะแนนการทำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ซึ่งพิจารณา 2 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหา และ 2) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำไปใช้พัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ช่วยให้นักเรียนมีทักษะการคิด วิเคราะห์ พัฒนาความสามารถของนักเรียนในการเชื่อมโยงในการแก้ปัญหาจริง และพัฒนาทักษะในการตัดสินใจโดยใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม

3. เป็นแนวทางแก่ครูผู้สอนในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

DPU

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะ
- 2.1.1 กลวิธีแก้ปัญหาของเชอคูริ (Chekuri)
- 2.1.2 กลวิธีแก้ปัญหาของโพลยา (Polya)
- 2.1.3 กลวิธีแก้ปัญหาของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller, K. and Heller, P)
- 2.1.4 กลวิธีแก้ปัญหาของดิงค์และฮาร์แคมป์ (Ding & Harskamp)
- 2.1.5 กลวิธีแก้ปัญหาของโรจาร์ (Rojas)
- 2.1.6 กลวิธีแก้ปัญหาของเกริก ศักดิ์สุภาพ

2.2 แผนผังมโนทัศน์
- 2.2.1 ความหมายของแผนผังมโนทัศน์
- 2.2.2 องค์ประกอบและประเภทของแผนผังมโนทัศน์
- 2.2.3 การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์
- 2.2.4 ประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์

2.3 กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์
- 2.3.1 ขั้นตอนกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของผู้วิจัย
- 2.3.2 แผนผังมโนทัศน์สำหรับงานวิจัย

2.4 ทักษะการให้เหตุผล
- 2.4.1 ความสำคัญของการให้เหตุผล
- 2.4.2 ความหมายของการให้เหตุผล
- 2.4.3 ประเภทของการให้เหตุผล
- 2.4.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล
- 2.4.5 การวัดและประเมินทักษะการให้เหตุผล

2.5 ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา

2.5.1 ความหมายของการแก้ปัญหา

2.5.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

2.5.3 ความหมายของโจทย์ปัญหา

2.5.4 แนวทางการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา

2.5.5 ผลสรุปการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

2.5.6 การวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

2.5.7 แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

2.6 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.6.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.6.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.6.4 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.7 ความพึงพอใจ

2.7.1 ความหมายของความพึงพอใจในการเรียนรู้

2.7.2 องค์ประกอบที่ทำให้เกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้

2.7.3 แบบวัดความพึงพอใจ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์นั้นได้มีนักฟิสิกส์ศึกษาและสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้คิดค้นและพัฒนากระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาที่ดี นักเรียนต้องมีกระบวนการขั้นตอนที่จำเป็นต่อการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจต่อการแก้ปัญหาและมีการกระตุ้นส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นหาวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ (เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556) สอดคล้องกับ เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller & Heller, 2002 อ้างอิงใน เอกวิทย์ ดวงแก้ว, 2558, น. 3) ที่กล่าวว่า การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะ เป็นวิธีที่ทำให้ผู้เรียนฝึกการคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผลของการแก้โจทย์ปัญหาและถือเป็นส่วนสำคัญที่จะเป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ และสอดคล้องกับ โปรโตเลสและโรเปส (Portoles & Lopez, 2008 อ้างถึงใน เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 3) ที่กล่าวว่า ปัจจัย 2 ประการที่ทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ประสบความสำเร็จ ประการแรก คือ นักเรียนต้องรู้เข้าใจแนวคิด ทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์ และประการที่สอง นักเรียนต้องมีกลยุทธ์ในการใช้แนวคิด ทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์ ในการนำไปใช้แก้ปัญหา ดังนั้น กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะถือเป็นวิธีการที่ทำให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา การศึกษากลวิธีในการแก้ปัญหานั้น มีผู้เสนอแนวคิดการแก้ปัญหาไว้หลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยขอเสนอแนวคิดเกี่ยวกับกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะตามแนวคิดของนักวิจัยทางสาขาฟิสิกส์ และในสาขาอื่น ๆ ดังนี้

2.1.1 กลวิธีแก้ปัญหาของเชอคูริ

เชอคูริ (Chekuri, 1996 อ้างถึงใน เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 29) ได้พัฒนากลวิธีในการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์ไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ทำความเข้าใจกับปัญหา (Understanding the Problem) ในขั้นตอนทำความเข้าใจกับปัญหาว่าโจทย์ให้ข้อมูลอะไรมาบ้าง มีเงื่อนไขอะไรบ้าง สิ่งที่โจทย์ถามหา สิ่งที่โจทย์กำหนดมา

2. สร้างและวางแผนแก้ปัญหา (Reconstructing and Planning) เป็นขั้นตอนในการสร้างภาพแทนปัญหาโจทย์ และเขียนองค์ประกอบทางฟิสิกส์ที่จำเป็น เช่น ตัวแปร ทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุ แผนภาพองค์ประกอบของแรง และวางแผนในการแก้ปัญหาโดยอยู่บนฐานของหลักการของฟิสิกส์ที่เกี่ยวของ

3. จำแนกวิธีการที่หลากหลาย (Identifying Multiple Methods) เป็นขั้นตอนในการระบุกฎเกณฑ์ หลักการ สูตรต่าง ๆ ที่มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เช่น กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เป็นต้น

4. คัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Selecting the Best Method and Solving) เป็นขั้นตอนที่เลือกสมการที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ทำการระบุสมการที่นำมาใช้และทำการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ

5. ตรวจสอบคำตอบ (Checking the Results) เป็นขั้นของการตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบ โดยอาจจะนำเทคนิคการตรวจสอบหน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์ การวิเคราะห์มิติ

6. การอธิบายคำตอบ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่เป็นการให้ความหมายของคำตอบที่เกิดจากการคำนวณออกมาในรูปของการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวโยงกับหลักการทางฟิสิกส์

2.1.2 กลวิธีแก้ปัญหาของโพลยา

โพลยา (Polya, 1997 อ้างถึงใน จักรพันธ์ พิรักษา, 2553, น. 15) ได้กล่าวถึงกลวิธีในการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียน ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา นั่นคือ เข้าใจว่าอะไรคือสิ่งที่ไม่รู้ อะไรคือข้อมูลโจทย์กำหนดเงื่อนไขอะไรบ้าง แยกสถานการณ์ออกเป็นส่วน ๆ

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหาเป็นขั้นค้นคว้าความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ไม่รู้

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นของการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้และต้องตรวจสอบแต่ละขั้นตอนที่ปฏิบัติว่าถูกต้องหรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบ เป็นการตรวจสอบการแก้ปัญหาว่าถูกต้องหรือไม่ โดยอาจจะใช้วิธีการอื่นอีกเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ว่าถูกต้องหรือไม่

2.1.3 กลวิธีแก้ปัญหาของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller, K. and Heller, P., 2000 อ้างถึงใน อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2553, น. 18 - 21) กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การเริ่มต้นในการแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนโดยการสร้างภาพขึ้นในใจเกี่ยวกับลำดับของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหา พร้อมกับแสดงรายละเอียดของโจทย์ปัญหาว่ามีเหตุการณ์เกิดขึ้นอย่างไร เหตุการณ์นั้นเกี่ยวข้องกับอะไรและจะดำเนินการต่อไปอย่างไร จากนั้นอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบ ๆ เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบรวมถึงเขียนแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์ สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและสุดท้ายควร

ทบทวนสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาโดยภาพรวมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1.1 เขียนภาพแลข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้อย่างหยาบๆ (Picture and Given Information)

1.2 กำหนดคำถามว่าโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด (Question(s))

1.3 เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา (Approach)

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics)

ขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยความเข้าใจโจทย์ปัญหาในเชิงคุณภาพเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในเชิงปริมาณโดยการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ สร้างแผนภาพและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าให้สมบูรณ์โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้เพื่อทำให้ปัญหามีความชัดเจนและง่ายขึ้นโดยลักษณะของแผนภาพที่จะต้องเขียนให้สมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของโจทย์ปัญหา เช่น แผนภาพการเคลื่อนที่จะต้องมีข้อมูลสำคัญของตัวแปรที่เกี่ยวของกับการเคลื่อนที่ ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่ง เวลา ความเร็วหรือความเร่ง เป็นต้น แผนภาพที่เกี่ยวข้องกับแรงก็ต้องเขียนออกมาให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงกระทำ ซึ่งแผนภาพที่ดีก็จะเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการแก้ปัญหาฟิสิกส์เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจข้อมูลสำคัญต่าง ๆ ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

2.1 สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาหรือเขียนตัวแปรต่างๆ เพื่ออธิบายแผนภาพให้ชัดเจนขึ้น มีตัวแปรใดบ้างที่ทราบค่าแล้วและมีตัวแปรใดบ้างที่ยังไม่ทราบค่า (Diagram and Define Variables)

2.2 ระบุเป้าหมายของโจทย์ให้ชัดเจนว่าโจทย์ต้องการให้หาค่าของตัวแปรใด (Target Variable)

2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ (Quantitative Relationships)

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution)

เป้าหมายสำคัญของขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นนี้คือต้องนำความสัมพันธ์จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ในขั้นที่ 2 ไปสร้างเป็นสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาค่าของตัวแปรที่ไม่ทราบค่า เป็นขั้นตอนการแปลความหมายทางฟิสิกส์โดยการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งจะต้องอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบโดยทุกสมการที่นำมาใช้จะต้องมีการตรวจสอบตัว

แปรที่ไม่ทราบค่าและวางแผนเลือกสมการที่จะนำมาใช้ในการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่านั้น เมื่อเชื่อมโยงสมการทั้งหมดได้แล้วก็กำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยเริ่มจากการแก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อนจนกระทั่งสามารถหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

3.1 เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (Construct Specific Equations)

3.2 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้ (Check for Sufficiency)

3.3 วางแผนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ (Outline the Math Solution)

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan)

ขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำให้ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาซึ่งเป็นการดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าโดยเริ่มจากสมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน จากนั้นก็นำค่าที่คำนวณได้แทนลงในสมการถัดไปตามที่วางแผนไว้จนถึงการแก้สมการสุดท้ายเพื่อหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

4.1 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้โดยแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าด้วยการแทนตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ได้กำหนดไว้ พร้อมกับตรวจสอบหน่วยของตัวแปรให้อยู่ในลักษณะเดียวกัน (Follow the Plan)

4.2 คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Calculate Target Variable)

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer)

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตรงตามสิ่งที่โจทย์ถาม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องตอบคำถามเพื่อตรวจสอบ 3 ข้อดังต่อไปนี้ คือ

5.1 คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของสถานการณ์โจทย์หรือไม่ เช่น อยู่ในหน่วยของตัวแปรที่โจทย์ถามหรือไม่ ทิศทางและตำแหน่งของวัตถุถูกต้องหรือไม่โดยสังเกตจากเครื่องหมายที่คำนวณได้ (Is Answer Properly Stated?)

5.2 คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ (Is Answer Reasonable?)

5.3 คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์ครบตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ (Is Answer Complete?)

2.1.4 กลวิธีแก้ปัญหาของดิงค์และฮาร์แคมป์

ดิงค์และฮาร์แคมป์ (Ding & Harskamp, 2007 อ้างถึงใน เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 30) กล่าวถึงกลวิธีในการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนอ่านปัญหาโจทย์ ตีความว่าสิ่งใดบ้างรู้ สิ่งใดบ้างที่ไม่รู้ของปัญหา และกำหนดวิธีการ หลักการ ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาและมีประโยชน์สำหรับในการแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้นักเรียนสามารถวาดแผนภาพประกอบในการแก้ปัญหา เช่น แผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ขั้นตอนที่ 2 ประมวลความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนแปลความจากสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ไปสู่การอธิบายด้วยวิธีการสร้างไดอะแกรม โดยในไดอะแกรมผู้เรียนสามารถกำหนดตัวแปรและปริมาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ และเขียนสูตรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาและสามารถนำมาช่วยในการแก้ปัญหาได้ การเลือกใช้สูตรต่าง ๆ อาจเกิดจากการอภิปรายในกลุ่มผู้เรียนในการเลือกตัดสินใจได้

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนในการแก้ปัญหา หลังจากที่นักเรียนมีคำอธิบาย วิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนทุกคนจะต้องวางแผนในการแก้ปัญหา โดยแผนนี้ควรจะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนในสมการและการประมาณค่าอย่างคร่าว ๆ ของผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น หลังจากนั้นนักเรียนแลกเปลี่ยน พูดคุยในแผนที่วางไว้ เปรียบเทียบแผนในการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งการเปรียบเทียบการวางแผนการแก้ปัญหาก็จะทำให้นักเรียนทราบว่า มีวิธีการแก้ปัญหาเดียวกันนั้นได้หลากหลายวิธี

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยการคำนวณตามที่วางแผนไว้ในขั้นที่ 2 จนกระทั่งได้คำตอบ

ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาว่าถูกต้องหรือไม่ โดยคำตอบของนักเรียนที่ได้อาจจะตรงกันหรือแตกต่างกันได้ ถ้าคำตอบตรงกัน ก็จะมีการให้นักเรียนอธิบายและตรวจสอบ ว่าวิธีการได้มาของคำตอบนั้นถูกต้อง แต่ถ้าหาคำตอบที่ได้ของนักเรียนมีความแตกต่างกัน ก็ควรจะตรวจสอบว่าวิธีการใดถูกต้องและสมบูรณ์

2.1.5 กลวิธีแก้ปัญหาของโรจาร์

โรจาร์ (Rojas, 2010 อ้างถึงใน เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556, น. 31) กล่าวถึงกลวิธีในการแก้ปัญหาไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหา ว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่ไม่ทราบค่าและโจทย์ต้องการรู้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องใช้เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ปัญหาและคาดคะเนคำตอบ พิจารณาแยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย

แล้วคิดอย่างเป็นระบบ โดยนำความรู้ความเข้าใจ ข้อมูลและประสบการณ์เดิมที่เคยศึกษามาแล้วมาคิดแก้ปัญหาคาดคะเนคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะต้องคิดและเขียนในส่วนของกฎ หลักการ แนวคิดหรือสูตรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่สามารถจะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา หรือสร้างกรอบแนวความคิด แผนภาพ ไดอะแกรมลงไป เพื่อที่ผู้เรียนจะสามารถอธิบายและสามารถวิเคราะห์ปัญหาในทางฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ในขั้นตอนในการวางแผนแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับการพิจารณาวาปัญหากับสิ่งที่โจทย์ต้องการหาเกี่ยวข้อง สัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร ผู้เรียนจะต้องวางแผน กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา หรือหลายๆ กลวิธีร่วมกัน เพื่อเตรียมนำมาใช้ในการแก้ปัญหา อาจจะกำหนดแผนไว้หลายแผน หากแผนใดไม่ประสบความสำเร็จก็จะสามารถใช้แผนอื่นมาทดแทนได้ เช่นการนำสมการที่เกี่ยวข้องมาใช้ และคิดพิจารณาว่าสมการนั้นจะสามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ได้คำตอบหรือแก้ปัญหาให้ได้ตามแผน

ขั้นตอนที่ 5 พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนพิสูจน์ตรวจสอบสมการที่เกี่ยวข้องจากการคำนวณว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดในส่วนใดบ้าง และถ้าตรวจสอบแล้วไม่พบข้อผิดพลาด ผู้เรียนก็สามารถจะประเมินคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบและประเมินคำตอบ หลังจากตรวจพิสูจน์ความสอดคล้องของสมการและได้มาเป็นผลลัพธ์ ผู้เรียนทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้รับว่าสอดคล้องตรงตามโจทย์ต้องการหรือไม่ และจากผลลัพธ์นำไปสู่คำตอบอย่างสมเหตุสมผลเพียงใดหรือไม่ และส่งเสริมให้ผู้เรียนลองหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่แตกต่างในการแก้ปัญหาเดิมเพื่อเพิ่มความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น

2.1.6 กลวิธีแก้ปัญหาของเกริก ศักดิ์สุภาพ

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแนวทางการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และวางแผน เป็นขั้นอ่านเพื่อทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์โจทย์เพื่อให้มีความชัดเจนมากขึ้น โดยพิจารณาจาก คำสำคัญทางฟิสิกส์ การเขียนแผนภาพที่ระบุตัวแปรทางฟิสิกส์ และวางแผนเพื่อเลือกมโนทัศน์ ทฤษฎี หลักการ สูตรต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับในการแก้ปัญหาในขั้นถัดไป โดยสามารถทำได้ดังนี้

1.1 ค้นหาคำสำคัญ ขีดเส้นใต้คำสำคัญทางฟิสิกส์ ส่วนที่โจทย์ต้องการทราบส่วนที่โจทย์กำหนดมาให้ พร้อมแทนคำสำคัญนั้นด้วย สัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ ตัวอย่างคำสำคัญที่อาจจะพบในโจทย์ เช่น

ปล่อย	หมายถึง	ความเร็วต้นเป็นศูนย์ ($u = 0$ m/s)
เชือกขาด	หมายถึง	แรงดึงเชือกมีค่าเป็น 0 นิวตัน ($T = 0$ N)
พื้นลื่น	หมายถึง	ไม่คิดแรงเสียดทาน ($f = 0$ N)

1.2 สร้างแผนภาพ หลังจากรวบรวมคำสำคัญทางฟิสิกส์แล้วให้เชื่อมโยงข้อความจากโจทย์และคำสำคัญให้เป็นแผนภาพ เช่น บันไดพาดกับกำแพง วัตถุผูกเชือกคล้องผ่านรอก พื้นเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ พร้อมระบุ สัญลักษณ์ ตัวแปรกำกับไว้ในกรอบข้างแผนภาพ ใช้เวกเตอร์แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ หรือเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram) เพื่อที่จะทำให้ได้แนวการได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหา

1.3 หลักการทางฟิสิกส์ ก่อนการคำนวณหาคำตอบ ต้องวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาโดยรวบรวมสูตร กฎ สมการ ทฤษฎีหลักการทางฟิสิกส์ ที่เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา เช่น สมการการเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงที่ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม แล้วอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ที่เลือกไว้ว่าสอดคล้องเหมาะสมกับโจทย์ปัญหาหรือไม่ โดยพิจารณาสูตร กฎ สมการ หลักการ ที่นำมาใช้นั้นเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอย่างไร

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่สอดคล้องและต่อเนื่องมาจากขั้นที่ 1 โดยมีเป้าหมายสำคัญคือเป็นการนำความสัมพันธ์จากหลักการทางฟิสิกส์ ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาค่าของตัวแปรที่ต้องการ โดยสามารถทำได้ ดังนี้

2.1 การแก้สมการ ดำเนินการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา ซึ่งหากมีการแก้สมการมากกว่า 1 สมการ เพื่อความเข้าใจในการแก้โจทย์ปัญหา ควรจะกำหนดให้เป็นสมการที่ 1, 2 หรือ 3 ตามลำดับ หากการแก้โจทย์ปัญหานั้นต้องอาศัยหลักคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์มาใช้ก็ควรเขียนสูตร สมการทางคณิตศาสตร์กำกับไว้ด้านข้างของกระดาษ

2.2 ตรวจสอบหน่วย ก่อนที่จะแทนค่าตัวเลขในสมการให้ทำการตรวจสอบหน่วย (Check Unit) ทั้งสองข้างของสมการว่าถูกต้องหรือไม่ แล้วจึงค่อยทำการแทนตัวเลขในสมการสุดท้ายของการแก้ปัญหา หากพบปัญหาสามารถกลับไปยังขั้นที่ 1 ได้ หรืออาจปรับปรุงแผนการที่วางไว้

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากลงมือปฏิบัติแก้โจทย์ปัญหา เมื่อนักเรียนได้คำตอบของปัญหาที่ต้องการแล้ว ต้องมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ เพื่อหาความ

ผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบนั้นมีความถูกต้อง โดยสามารถทำได้ ดังนี้

3.1 พิจารณาความสมเหตุสมผล ตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ หน่วยที่ได้สอดคล้องกับตัวแปรที่ต้องการทราบหรือไม่ คำตอบที่ได้มีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด

3.2 ทบทวนการหาคำตอบ หากคำตอบที่ได้ไม่สมเหตุสมผลหรือไม่ถูกต้องให้กลับไปทบทวนพร้อมแก้ไขให้ถูกต้อง โดยพิจารณาจากการเลือกให้สูตรหรือหลักการว่ามีความถูกต้องหรือไม่ คณิตศาสตร์ที่ใช้การแก้ปัญหาผิดหรือไม่ ลืมการเปลี่ยนหน่วยหรือไม่ หรือดูคำสำคัญที่ขีดเส้นใต้ไว้ที่โจทย์ว่า คำตอบนั้นตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่

จากการศึกษาแนวคิดที่สำคัญของแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษา เกี่ยวกับขั้นตอนกลวิธีแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ของ เชอคูริ (Chekuri, 1996) โพลยา (Polya, 1997) เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller, K. and Heller, P., 2000) ดิงค์และฮาร์แคมป์ (Ding & Harskamp, 2007) โรจาร์ (Rojas, 2010) และ เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556) ซึ่งพบว่า กลวิธีการแก้ปัญหามีขั้นตอนบางขั้นตอนเหมือนกันและบางขั้นตอนแตกต่างกัน ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษาดังกล่าวนี้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา และสังเคราะห์แนวคิดนักฟิสิกส์ศึกษา ได้ขั้นตอนกลวิธีในการแก้โจทย์ปัญหา ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบและสรุปขั้นตอนกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จากแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษา

ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา	ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษา						สรุปขั้นตอนกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
	เชอคูริ (Chekuri, 1996)	**โพลยา (Polya, 1997)**	**เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller, K. and Heller, P., 2000)**	**ดิงค์และฮาร์แคมป์ (Ding & Harskamp, 2007)**	**โรจาร์ (Rojas, 2010)**	**เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556)**	
1	ทำความเข้าใจปัญหา	ทำความเข้าใจปัญหา	พิจารณาปัญหา	การสำรวจปัญหา	ทำความเข้าใจปัญหา	วิเคราะห์และวางแผน	ขั้นที่ 1 พิจารณาทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 ประมวลความรู้และหลักการ ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผน ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ
2	สร้างและวางแผนแก้ปัญหา	วางแผนการแก้ปัญหา	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์	ประมวลความรู้	จัดเตรียมวิธีการแก้ปัญหา	ดำเนินการแก้ปัญหา	
3	คัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด	ดำเนินการแก้ปัญหา	วางแผนแก้ปัญหา	วางแผนในการแก้ปัญหา	วางแผนแก้ปัญหา	ตรวจสอบคำตอบ	
4	ตรวจสอบคำตอบ	ตรวจสอบ	ดำเนินการตามแผนที่วางไว้	ดำเนินการตามแผน	ดำเนินการตามแผน	-	
5	การอธิบายคำตอบ	-	ตรวจสอบผลลัพธ์	การตรวจสอบคำตอบ	พิสูจน์ตรวจสอบความสอดคล้องสมการ	-	
6	-	-	-	-	การตรวจสอบประเมินคำตอบ	-	

ตารางที่ 2.2 สรุปการสังเคราะห์ขั้นตอนกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของผู้วิจัย

ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา	ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษา	ขั้นตอนกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ใช้ในการวิจัย
ขั้นที่ 1	พิจารณาทำความเข้าใจปัญหา	วิเคราะห์ปัญหา
ขั้นที่ 2	ประมวลความรู้และหลักการ	วางแผนแก้ปัญหา
ขั้นที่ 3	วางแผนแก้ปัญหา	ดำเนินการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 4	ดำเนินการตามแผน	ตรวจสอบคำตอบ
ขั้นที่ 5	ตรวจสอบคำตอบ	-

2.2 แผนผังมโนทัศน์

2.2.1 ความหมายของแผนผังมโนทัศน์

แผนผังมโนทัศน์ หรือ Concept Mapping ตรงกับคำอื่น ๆ ในภาษาอังกฤษอีกหลายคำ เช่น C-Maps, Conceptual Framework, Semantic Mapping, Semantic Maps, Plot Maps, Concept webs เป็นต้น ส่วนคำในภาษาไทยพบว่ามีผู้ใช้ชื่อภาษาไทยแตกต่างกันออกไป เช่น ผังมโนทัศน์ กรอบมโนทัศน์ แผนผังมโนมิติ กรอบมโนคติ ผังมโนภาพ เป็นต้น และมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

เฮนซ์ฟราย และ โนแวค (Heinze-Fry & Novak, 1990, p. 461-472 อ้างถึงใน อัจฉรา ปานรอด, 2555, น. 21) กล่าวว่า แผนผังมโนทัศน์ เป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย แผนผังมโนทัศน์จะประกอบด้วยมโนทัศน์ตั้งแต่ 2 มโนทัศน์เชื่อมโยงกันด้วยเส้นและคำเชื่อมแสดงความสัมพันธ์ และแสดงให้ทราบถึงความแตกต่างของมโนทัศน์เป็นลำดับขั้น ซึ่งมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างและครอบคลุมจะจัดไว้ด้านบนสุดของแผนผังมโนทัศน์ที่แคบหรือเป็นมโนทัศน์ที่เจาะจงจะอยู่ด้านล่างตามลำดับ

เวสท์, ฟาร์เมอร์ และ วอล์ฟ (West, Farmer and Wolff, 1991, p. 93 อ้างถึงใน อัจฉรา ปานรอด, 2555, น. 20) กล่าวว่า แผนผังมโนทัศน์ เป็นแนวทางที่ใช้แสดงมโนทัศน์และความสัมพันธ์ระหว่างกันและกันของเหล่ามโนทัศน์ ดังนั้น มโนทัศน์ต่าง ๆ จึงถูกเชื่อมโยงกันด้วยคำศัพท์ต่าง ๆ ซึ่งทำให้สามารถเข้าใจองค์ความรู้ ส่วนสำคัญที่เป็นความหมายเฉพาะได้ชัดเจน ดังนั้น ทุก ๆ แผนผังมโนทัศน์จึงมีทั้งส่วนข้อมูลและส่วนที่เป็นการออกแบบ

ทรอคิม (Trochim, 1997 อ้างถึงใน ทัตมณี ชูขวัญ, 2548, น. 13) ได้ให้ความหมายว่า แผนผังมโนทัศน์เป็นโครงสร้างของแนวคิด (conceptualization) โดยกลุ่มคนที่ต้องการพัฒนากรอบมโนทัศน์สำหรับเป็นแนวทางในการวางแผนหรือการประเมินผล ซึ่งแผนผังมโนทัศน์จะเอื้อให้

กลุ่มตีความในกิจกรรมต่าง ๆ ได้รวดเร็ว เนื่องจากแสดงออกมาเป็นกราฟฟิคหรือรูปภาพ โดยแสดงกลุ่มมโนทัศน์ทั้งหมดและความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เหล่านั้นได้พร้อม ๆ กันหรือในเวลาเดียวกัน

ซิมมาโร่ และ คาวเลย์ (Zimmaro & Cawley, 1998, p. 1 อ้างถึงใน อัจฉรา ปานรอด, 2555, น. 21) อธิบายไว้ว่า แผนผังมโนทัศน์เป็นการนำเสนอโครงสร้างความรู้ออกเป็นแผนภาพโดยการสร้างแผนผังอาศัยหลักเกณฑ์กลุ่มของความคิดหรือข้อมูลเป็นลักษณะเฉพาะของความเข้าใจ

รุซ-พรีโม และคณะ (Ruiz-Primo et al, 2001 อ้างถึงใน ทัตมณี ชูขวัญ, 2548, น. 13) กล่าวว่า แผนผังมโนทัศน์ หมายถึง แผนภาพที่มีส่วนแสดงมโนทัศน์ เส้นที่เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์เพื่อแสดงว่ามโนทัศน์มีความสัมพันธ์กันและคำเชื่อมโยงบนเส้นเป็นการแสดงว่ามโนทัศน์นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

แลนซิง (Lanzing, 2002 อ้างถึงใน ทัตมณี ชูขวัญ, 2548, น. 13) ได้ให้ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ว่าเป็นเทคนิคการเป็นตัวแทนองค์ความรู้ในรูปกราฟ ซึ่งเป็นเครื่อข่าย (networks) ของมโนทัศน์ เครือข่ายนั้นแสดงออกมาในรูปของกลุ่มคำ (node) และการเชื่อมโยง (link) ซึ่งอาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งโดยกลุ่มคำจะเป็นตัวแทนของมโนทัศน์ และการเชื่อมโยงจะเป็นตัวแทนของความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เหล่านั้น

จากการศึกษาสามารถสรุปความหมายได้ว่า แผนผังมโนทัศน์ หมายถึง เป็นลักษณะแผนภาพที่แสดงการประมวลความคิดของนักเรียน เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างเป็นละดับขั้นตอน โดยถ่ายทอดออกมาในลักษณะแผนผัง มีการเชื่อมโยงกลุ่มคำด้วยเส้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์

2.2.2 องค์ประกอบและประเภทของแผนผังมโนทัศน์

แนวความคิดจากการสร้างแผนผังมโนทัศน์เป็นการนำแผนผังมโนทัศน์มาใช้ในการจัดระบบความคิดเพื่อวัตถุประสงค์ในการคิดที่มีความแตกต่างกันออกไป และเพื่อให้สามารถทำความเข้าใจสำหรับการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์ได้เป็นอย่างดี (สุภัทรา ตันติวิทยมาศ, 2554, น. 63) โดยการนำเสนอข้อมูลขององค์ประกอบและประเภทของแผนผังมโนทัศน์สามารถช่วยให้อธิบายงานวิจัยได้ชันเจนมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงขอเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์และประเภทของแผนผังมโนทัศน์ ดังนี้

โนแวค (Novak, 1991 อ้างถึงใน สุภัทรา ตันติวิทยมาศ, 2554, น. 63) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของแผนผังมโนทัศน์ว่า ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่

1. มโนทัศน์ (Concept) หมายถึง คำที่ใช้แทนชื่อของมโนทัศน์ เป็นคำหรือวลีสั้น ๆ

2. ความสัมพันธ์ (Relationship) หรือการเชื่อมโยงระหว่างประพจน์ (Propositional Linkage) เป็นการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างคำมโนทัศน์

3. ลำดับขั้น (hierarchy) เป็นชั้นหรือลำดับขั้นตอนของความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลักไปยังมโนทัศน์รองหรือมโนทัศน์ย่อย

4. การเชื่อมโยงข้ามมโนทัศน์ (cross-links) เป็นการแสดงถึงความสัมพันธ์เชื่อมโยงข้ามชั้นหรือข้ามขั้นระหว่างมโนทัศน์ จากมโนทัศน์หนึ่งไปอีกมโนทัศน์หนึ่ง

แคลสซิดี้ กริฟฟิตซ์ และโนแคสนีย์ (Classidy, Griffiths and Nakoechny, 2001 อ้างถึงใน อัจฉรา ปานรอด, 2555, น. 28) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่าประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. คำมโนทัศน์ (Concept labels) เป็นชื่อมโนทัศน์ อาจเป็นคำ วลี หรือประโยคสั้น ๆ โดยเขียนไว้ในกรอบ ซึ่งอาจเป็นรูปวงกลม วงรี หรือสี่เหลี่ยมก็ได้

2. การเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์อย่างมีความหมาย (Meaningful relationships) คือ การลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างคำมโนทัศน์สองมโนทัศน์ โดยเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์นี้อาจเป็นเส้นตรง เส้นโค้ง บางครั้งอาจแสดงทิศทางความสัมพันธ์ด้วยลูกศรกำกับไว้

3. ประพจน์ (propositions) คือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์สองมโนทัศน์ ทำให้เกิดความหมาย

ยิน เวนิดส์ รูซ-พริโม อยาลา และซาเวลซัน (Yin, Vanides, Ruiz-Primo, Ayala and Shavelson, 2004 อ้างถึงใน อัจฉรา ปานรอด, 2555, น. 28) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่าประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

1. โหนด (nodes) หมายถึง คำหรือมโนทัศน์

2. เส้นเชื่อมโยง (linking lines) เป็นเส้นที่มีลูกศรทิศทางเดียวจากมโนทัศน์หนึ่งไปยังอีกมโนทัศน์หนึ่ง

3. วลีเชื่อมโยง (linking phrases) เป็นคำที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างโหนดอยู่บนเส้นเชื่อมโยง

4. ประพจน์ (proposition) คือ การเชื่อมโยงระหว่างโหนดสองโหนดด้วยเส้นที่มีวลีเชื่อมโยงกำกับอยู่

จากการศึกษาองค์ประกอบของแผนผังมโนทัศน์สามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบที่สำคัญของแผนผังมโนทัศน์ ประกอบด้วย 1. คำมโนทัศน์ (Concept) 2. เส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (Linking lines) และ 3. คำเชื่อม (Linking phrases)

1. คำมโนทัศน์ (Concept) เป็นชื่อมโนทัศน์ของเรื่องที่นำมาสร้างแผนผังมโนทัศน์ซึ่งอาจจะเป็นคำ วลี หรือประโยคสั้น ๆ โดยจะเขียนไว้ในกรอบ ซึ่งอาจเป็นรูปวงกลม วงรี หรือสี่เหลี่ยมก็ได้

2. เส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (Linking lines) เป็นเส้นที่ลากเชื่อมโยงระหว่างคำมโนทัศน์สองมโนทัศน์ โดยเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์นี้อาจจะเป็นเส้นตรง เส้นโค้ง บางครั้งอาจแสดงทิศทางความสัมพันธ์ด้วยหัวลูกศรทางเดียวหรือสองทิศทางกำดับไว้ด้วย

3. คำเชื่อม (Linking phrases) เป็นคำที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์สองมโนทัศน์ โดยคำเชื่อมโยงนั้นจะต้องเป็นคำที่ทำให้เกิดประพจน์ที่มีความหมาย อาจเป็นถ้อยคำ วลี หรือประโยค ซึ่งต้องเป็นคำที่สั้น กะทัดรัด ทำให้ผู้อ่านเข้าใจง่าย

ประเภทของแผนผังมโนทัศน์ มีหลายรูปแบบซึ่งมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป สำหรับการนำแผนผังมโนทัศน์มาใช้ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลหรือวัตถุประสงค์ของการศึกษา นักการศึกษาหลายท่านได้จัดแบ่งประเภทของแผนผังมโนทัศน์โดยใช้เกณฑ์ต่างกนไปหลายแนวคิด โดยมีลักษณะที่หลากหลายดังนี้

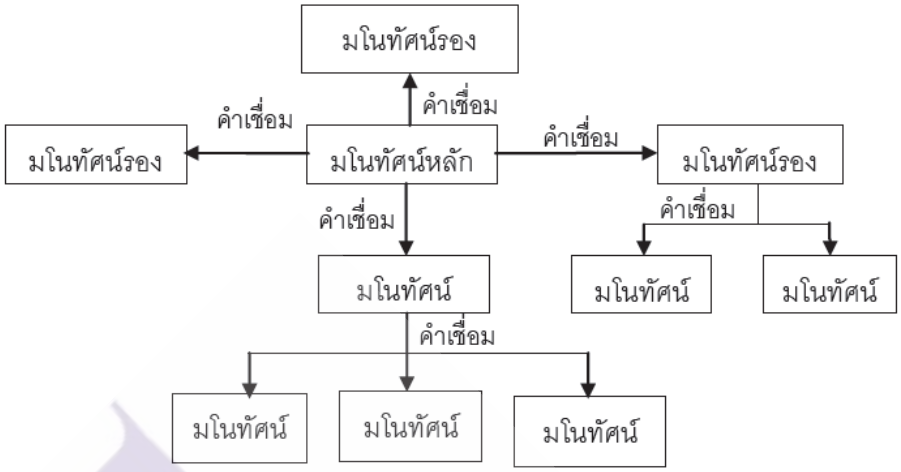
มิลท์เทล วอนเดอร์ซี และโนแวค (Mintzes, Wandersee and Novak, 1998 อ้างถึงในมนัส บุญประกอบ, 2542) ได้แบ่งแผนผังมโนทัศน์ออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. แผนผังหลัก (Macro map) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่สำคัญ ๆ เท่านั้น

2. แผนผังย่อย (Micro map) แสดงรายละเอียดเพิ่มเติม เฉพาะมโนทัศน์องค์ประกอบของแผนผังหลัก

Merle Tan แห่งมหาวิทยาลัยฟิลิปปินส์ ได้จำแนกประเภทของแผนผังมโนทัศน์ตามลักษณะของแผนผังออกเป็น 4 ประเภท (มนัส บุญประกอบ, 2533, น. 26-29) ดังต่อไปนี้

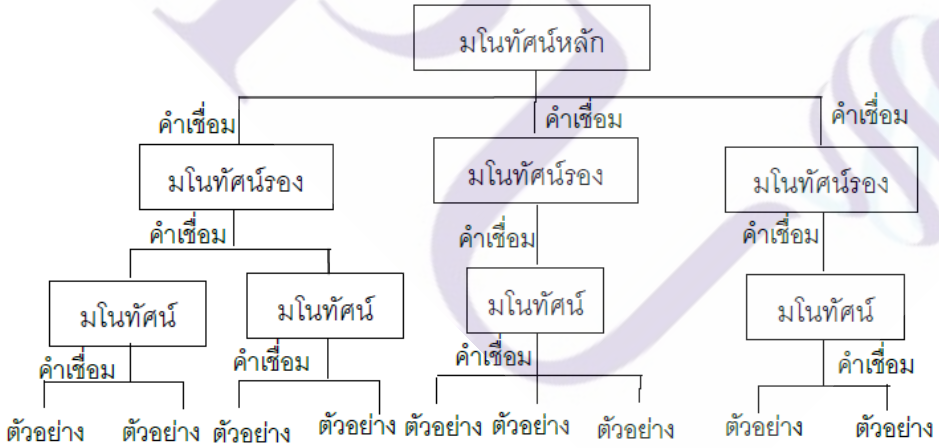
1. ชนิดกระจายออก (Point Grouping) หรือแบบชี้แสดงโดยเริ่มจากคำที่เป็นมโนทัศน์หลักแล้วเชื่อมโยงกระจายออกไปทุกทิศทาง เพื่อเชื่อมต่อกับมโนทัศน์ย่อยอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น



ภาพที่ 2.1 แผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก

ที่มา: มนัส บุญประกอบ, ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา: แผนภูมิมโนทัศน์, 2533, น. 26-29.

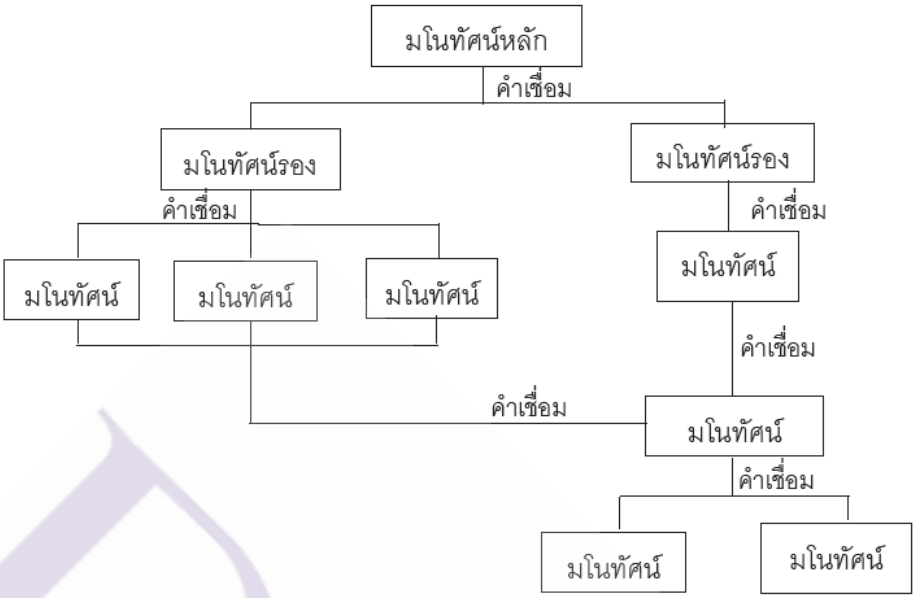
2. ชนิดปลายเปิด (Opened Grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่แสดงการเชื่อมโยงกลุ่มของมโนทัศน์ต่าง ๆ ลดหลั่นกันลงไปตามลำดับความสำคัญของมโนทัศน์ที่ผู้เขียนกำหนดไว้ ตัวอย่างเช่น



ภาพที่ 2.2 แผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายเปิด

ที่มา: มนัส บุญประกอบ, ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา: แผนภูมิมโนทัศน์, 2533, น. 26-29.

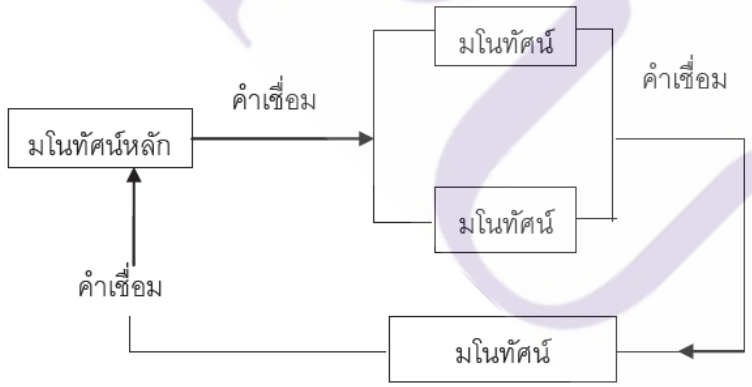
3. ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่มีลักษณะคล้ายกับชนิดปลายเปิดแต่มีการเชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนทัศน์



ภาพที่ 2.3 แผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง

ที่มา: มนัส บุญประกอบ, ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา: แผนภูมิมโนทัศน์, 2533, น. 26-29.

4. ชนิดปลายปิดหรือปิดล้อมเป็นวง (Closed grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ค่อนข้างจะมีลักษณะจำกัดอยู่ในตัวเอง ตัวอย่างเช่น



ภาพที่ 2.4 แผนผังมโนทัศน์ชนิดปลายปิดหรือปิดล้อมเป็นวง

ที่มา: มนัส บุญประกอบ, ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา: แผนภูมิมโนทัศน์, 2533, น. 26-29.

ยิน และคณะ (Yin et al., 2004 อ้างถึงใน อัจฉรา ปานรอด, 2555, น. 26) ได้เสนอโครงสร้างแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งเพิ่มเติมจากที่ Kinchin (2000) ได้เสนอไว้ ว่าโครงสร้างแผนผังมี 5 ประเภท ดังนี้

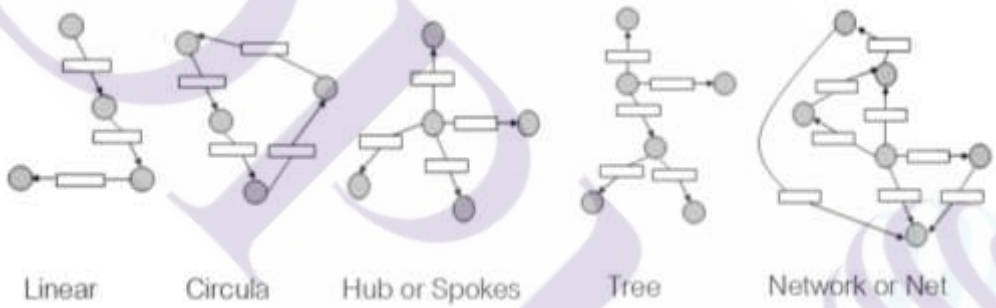
1. โครงสร้างเชิงเส้น (Linear structure) ประพจน์กระจายออกถูกเชื่อมโยงไว้ด้วยกัน

2. โครงสร้างวงกลม (Circular structure) ประพจน์กระจายออกถูกเชื่อมด้านปลายเข้าด้วยกัน

3. โครงสร้างดุมล้อหรือขั้นบันได (Hub or Spokes structure) ประพจน์กระจายออกจากมโนทัศน์ศูนย์กลาง

4. โครงสร้างต้นไม้ (Tree structure) เป็นโซ่เชิงเส้นของประพจน์ที่มีสาขาติดกัน

5. โครงสร้างเครือข่ายหรือตาข่าย (Network or Net structure) เป็นชุดที่ซับซ้อนโดยมีประพจน์เชื่อมต่อกัน



ภาพที่ 2.5 ประเภทของโครงสร้างแผนผังมโนทัศน์ ที่ดัดแปลงมาจาก Yin et al., 2004
ที่มา: อัจฉรา ปานรอด, 2555, ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ฯ, น. 27.

จากการศึกษาประเภทของแผนผังมโนทัศน์สามารถสรุปได้ว่า แผนผังมโนทัศน์แบบออกเป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับงานและรูปแบบที่จะนำมาใช้

2.2.3 การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์

การสร้างแผนผังมโนทัศน์มีนักวิชาการเสนอขั้นตอนการสร้างแผนผังมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

เอิล์ท (Ault, 1985 อ้างถึงใน อัจฉรา ปานรอด, 2555, น. 29) เสนอว่า การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ไม่มีทิศทางในการเสร้างที่แน่นอนตายตัว แต่สามารถสร้างได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีนั้นควรจะเริ่มด้วยการแนะนำแนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ โดยกระทำในรูปของกิจกรรมเกี่ยวกับการ

เรียนรู้หรือแนะนำโดยตรง นอกจากนี้ยังได้ให้คำแนะนำขั้นตอนในการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์แบบออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เลือก โดยเลือกเรื่องที่จะเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ อาจนำมาจากตำรา คำบรรยาย คำอธิบาย ก่อนการปฏิบัติการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์เริ่มจากการอ่านข้อความนั้นอย่างน้อย 1 ครั้ง แล้วสรุปมโนทัศน์ที่สำคัญ โดยขีดเส้นใต้คำหรือประโยคที่สำคัญ ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุหรือเหตุการณ์ แล้วลอกมโนทัศน์เหล่านั้นลงในแผ่นกระดาษเล็ก ๆ เพื่อที่สะดวกในการจัดความสัมพันธ์

ขั้นที่ 2 จัดลำดับ เป็นการนำมโนทัศน์ที่สำคัญซึ่งเขียนลงในแผ่นกระดาษเล็ก ๆ แล้วนำมาจัดลำดับจากมโนทัศน์ที่มีความกว้างไปสู่มโนทัศน์ที่มีความเฉพาะเจาะจง

ขั้นที่ 3 จัดกลุ่ม เป็นการนำมโนทัศน์มาจัดกลุ่มเข้าด้วยกันโดยมีเกณฑ์ 2 ข้อ คือ

1. จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่อยู่ในระดับเดียวกัน
2. จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิด

ขั้นที่ 4 จัดระบบ เป็นการนำมโนทัศน์ที่มีอยู่ในกลุ่มเดียวกันมาจัดระบบตามลำดับความเกี่ยวข้อง ซึ่งในขั้นตอนนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรืออาจหามโนทัศน์อื่น ๆ มาเพิ่มเติมได้อีก

ขั้นที่ 5 เชื่อมโยง เป็นการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงกันโดยการลากเส้นเชื่อมโยง และมีคำเชื่อมที่แสดงถึงความสัมพันธ์ไว้บนเส้นทุกเส้น ซึ่งสามารถอ่านได้เป็นประโยคที่มีความหมาย เส้นที่เชื่อมโยงนี้อาจเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ในชุดเดียวกัน หรือเชื่อมโยงระหว่างชุดของมโนทัศน์ที่ต่างกันก็ได้

จากการศึกษาการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ สรุปได้ว่า การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์จะเริ่มจากการคัดเลือกคำที่เป็นมโนทัศน์ ซึ่งอาจเป็นเหตุการณ์หรือคำสำคัญ แล้วนำมาจัดลำดับความสำคัญของมโนทัศน์ให้ลดหลั่นกันลงมา จัดกลุ่มมโนทัศน์ที่อยู่ระดับเดียวกัน แล้วใช้คำเชื่อมและเส้นเชื่อมโยงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างสมเหตุสมผล

2.2.4 ประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์

แผนผังมโนทัศน์มีการนำไปใช้ในการศึกษาอย่างกว้างขวาง มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ไว้ดังนี้

แมคเค๊บ (McCabe, 1995 อ้างถึงใน ทัตมณี ชูขวัญ, 2548, น. 25) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนผังมโนทัศน์ที่นำไปใช้ในการเรียนการสอน ดังนี้

1. เป็นเครื่องมือสำหรับนักเรียนนักศึกษา เพื่อ
   1.1 เพื่อจัดการกับเนื้อหาสาระในวิชาต่าง ๆ
   1.2 เพื่อเขียนแผนผังโครงสร้างองค์ความรู้ของวิชาต่าง ๆ ที่เรียนรู้

1.3 เพื่อสอดแทรกมโนทัศน์ใหม่ ๆ เข้าไปในโครงสร้างองค์ความรู้ที่มีอยู่เดิม

1.4 เพื่อเตือนความจำในสิ่งที่ต้องใช้เวลายาวนาน

1.5 เพื่อปรับปรุงการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ

2. เป็นเครื่องมือในการวางแผนงานและการสอนของครู

2.1 เพื่อประเมินความรู้ของนักเรียนที่มีอยู่อย่างรวดเร็ว

2.2 เพื่อวางแผนและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอน

2.3 เพื่อประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน

2.4 เพื่อทบทวนประเด็นต่าง ๆ

2.5 สำหรับสำรวจกิจกรรมการสอนที่เฉพาะเจาะจง

บารูดี และ บาร์เทลส์ (Baroody and Bartels, 2001 อ้างถึงใน ทัตมณี ชูขวัญ, 2548, น. 26) ได้กล่าวว่าแผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือประเมินกระบวนการคิดประเภทหนึ่ง และได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้แผนผังมโนทัศน์ในการประเมินไว้ดังนี้

1. แผนผังมโนทัศน์สามารถใช้ในการวินิจฉัยและเป็นข้อมูลย้อนกลับในการจัดการเรียนการสอนได้เช่นเดียวกับการตัดเกรด นอกจากนี้การสร้างแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนสามารถทำให้ครูได้ทราบถึงระดับความเข้าใจในความคิดรวบยอด และสารสนเทศที่ได้สามารถไปใช้ในการวางแผนหรือปรับปรุงการเรียนการสอนได้

2. ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน การสังเกตพฤติกรรมการสร้างแผนผังมโนทัศน์ทำให้ทราบจุดบกพร่องของนักเรียน และเป็นเครื่องมือที่ทำให้ทราบการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. แผนผังมโนทัศน์สามารถใช้ประเมินการทำงานกลุ่มและพัฒนาการรายบุคคลได้

4. แผนผังมโนทัศน์สามารถใช้แบบทดสอบทางด้านการเขียนและเป็นวิธีการประเมินทางเลือกใหม่สำหรับครู กิจกรรมการทดสอบโดยใช้แผนผังมโนทัศน์โดยการฟังการอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างแผนผังทำให้ครูผู้สอนเข้าใจความคิดของนักเรียนได้ชัดเจนขึ้น

กำพล ดำรงวงศ์ (2540) ได้สรุปผลการใช้แผนผังมโนทัศน์ในการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. การสร้างแผนผังมโนทัศน์เป็นเทคนิคการสอนที่สามารถนำมาใช้สอนในวิชาต่างๆ ได้หลายวิชา เช่น วิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ทั่วไป เศรษฐศาสตร์ การอ่าน สิ่งแวดล้อม สังคมวิทยา เป็นต้น ทำให้นักเรียนเข้าใจอย่างสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

2. แผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือประเมินผลได้เป็นอย่างดี สามารถใช้วัดความรู้ความสามารถในการใช้เหตุผลของนักเรียน และวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ ทำให้ครูทราบโครงสร้างความรู้ของนักเรียน

3. นักเรียนที่ได้รับการฝึกฝนให้สร้างแผนผังมโนทัศน์ขึ้นได้ด้วยตนเองทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย เกิดความคงทนในการเรียนรู้

4. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีปกติ

5. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์

6. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ สามารถเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้มากกว่าการสอนด้วยวิธีปกติ

จากการศึกษาสามารถสรุปประโยชน์ของการนำแผนผังมโนทัศน์ไปใช้ในการศึกษาได้ดังนี้

1. เป็นเครื่องมือในการวางแผนงานและการสอนของครู เพื่อประเมินความรู้ของนักเรียนทั้งการทำงานกลุ่มและพัฒนาการรายบุคคล สามารถวางแผนและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอน จัดเนื้อหาสาระที่จะสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สำหรับนักเรียน เพื่อจัดการกับเนื้อหาสาระในวิชาต่าง ๆ สร้างองค์ความรู้ของวิชาที่ได้เรียนรู้ นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาความสามารถในการใช้เหตุผล สร้างความคงทนต่อการเรียนรู้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จะทำให้นักเรียนจดจำสิ่งที่ได้เรียนรู้เป็นเวลานาน

2.3 กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

2.3.1 ขั้นตอนกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของผู้วิจัย

จากการศึกษาแนวคิดที่สำคัญของนักฟิสิกส์ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนกลวิธีแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ประกอบด้วย เชอคูริ (Chekuri, 1996) โพลยา (Polya, 1997) เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller, K. and Heller, P., 2000) ดิงค์และฮาร์แคมป์ (Ding & Harskamp, 2007) โรจาร์ (Rojas, 2010) และเกริก ศักดิ์สุภาพ (2556) ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของนักฟิสิกส์ศึกษาดังกล่าว มาวิเคราะห์ เปรียบเทียบและสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ ได้ขั้นตอนกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขั้นตอนกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของผู้วิจัย

ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา	ขั้นตอนกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่ใช้ในการวิจัย
ขั้นที่ 1	วิเคราะห์ปัญหา
ขั้นที่ 2	วางแผนแก้ปัญหา
ขั้นที่ 3	ดำเนินการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 4	ตรวจสอบคำตอบ

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาเพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้น โดยการแปลความหมายจากโจทย์ ค้นหาสิ่งที่โจทย์ถามหา สิ่งที่โจทย์กำหนดมา ขีดเส้นใต้ใส่ตัวแปร วาดภาพประกอบพร้อมระบุสัญลักษณ์

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ในรูปของตัวแปรและสมการทางคณิตศาสตร์ โดยมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและตัวแปรที่ทราบค่า กำหนดหลักการ ทฤษฎีและสูตรทางฟิสิกส์ที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนในการค้นหาคำตอบ โดยการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ และดำเนินตามแผนการที่ได้วางไว้

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นตรวจหาความผิดพลาด ประเมินสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ สมเหตุสมผลหรือไม่ และหน่วยที่ใช้ถูกต้องหรือไม่

2.3.2 แผนผังมโนทัศน์สำหรับงานวิจัย

แผนผังมโนทัศน์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นลักษณะแผนภาพที่แสดงการประมวลความคิดของนักเรียน เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างเป็นละดับขั้นตอน โดยถ่ายทอดออกมาในลักษณะแผนผัง มีการเชื่อมโยงกลุ่มคำด้วยเส้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์

การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์จัดให้อยู่ในกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแทรกอยู่ในขั้นตอนของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะตามที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้น และการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

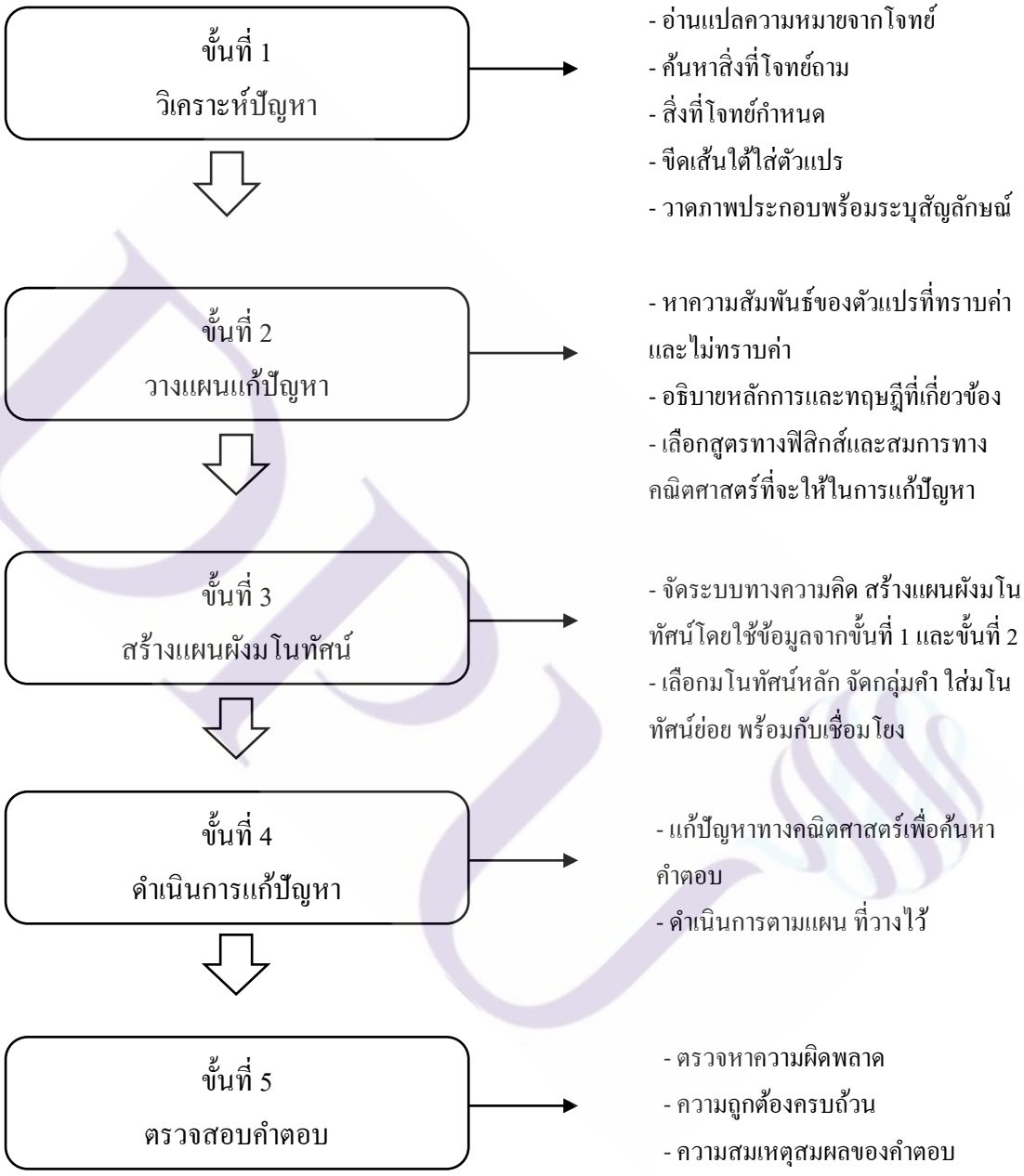
ขั้นที่ 1 เลือกและจัดกลุ่ม โดยเลือกเรื่องที่จะเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์และนำมโนทัศน์มาจัดกลุ่มเข้าด้วยกัน ได้แก่ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ทฤษฎีและหลักการฟิสิกส์ สูตรและสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เงื่อนไขต่าง ๆ จากโจทย์ เป็นต้น

ขั้นที่ 2 จัดระบบ เป็นการนำมโนทัศน์ที่มีอยู่ในกลุ่มเดียวกันมาจัดระบบตามลำดับความเกี่ยวข้อง อาจมีการหามโนทัศน์อื่น ๆ มาเพิ่มเติมได้อีก

ขั้นที่ 3 เชื่อมโยง เป็นการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงกันโดยการลากเส้นเชื่อมโยง และอาจมีคำเชื่อมที่แสดงถึงความสัมพันธ์ไว้บนเส้น

ในการนำแผนผังมโนทัศน์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แทรกการสร้างแผนผังมโนทัศน์ไว้ในขั้นที่ 3 ของขั้นตอนกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เนื่องจากขั้นที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ปัญหา และขั้นที่ 2 เป็นการวางแผนแก้ปัญหา เมื่อนักเรียนได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาและวางแผนแก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว สามารถนำมาสร้างเป็นแผนผังมโนทัศน์เพื่อเป็นการประมวลความคิดของนักเรียน และทำให้นักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นละดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ดังแสดงในแผนภาพที่ 2.6

จากการสังเคราะห์ขั้นตอนกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดของผู้วิจัยสามารถนำแผนผังมโนทัศน์มาใช้ร่วมกับกลวิธีแก้ปัญหา ดังแผนภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ขั้นตอนของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาเพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้น โดยการแปลความหมายจากโจทย์ ค้นหาสิ่งที่โจทย์ถามหา สิ่งที่โจทย์กำหนดมา ขีดเส้นใต้ใส่ตัวแปร วาดภาพประกอบพร้อมระบุสัญลักษณ์

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ในรูปของตัวแปรและสมการทางคณิตศาสตร์โดยมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและตัวแปรที่ทราบค่า กำหนดหลักการ ทฤษฎีและสูตรทางฟิสิกส์ที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 สร้างแผนผังมโนทัศน์ เป็นขั้นตอนของการจัดระบบทางความคิด โดยนำข้อมูลจากขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 สร้างแผนผังมโนทัศน์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแก้โจทย์ปัญหามากยิ่งขึ้น มีการเลือกมโนทัศน์หลัก จัดกลุ่มคำ จัดระบบ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์

ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนในการค้นหาคำตอบ โดยการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ และดำเนินตามแผนการที่ได้วางไว้

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นตรวจหาความผิดพลาด ประเมินสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ สมเหตุสมผลหรือไม่ และหน่วยที่ใช้ถูกต้องหรือไม่

2.4 ทักษะการให้เหตุผล

2.4.1 ความสำคัญของการให้เหตุผล

การศึกษาเกี่ยวกับความสำคัญของการให้เหตุผลจากนักการศึกษาและนักวิชาการ พบว่ามีการกล่าวถึงความสำคัญของการให้เหตุผลไว้ ดังนี้

อลิสรา ชมชื่น (2550) กล่าวไว้ว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาและอธิบายขอบเขตของปรากฏการณ์ บุคคลที่สามารถคิดและวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลจะสามารถมองเห็นรูปแบบ โครงสร้าง หรือลักษณะของสถานการณ์ทั้งในโลกแห่งความจริง และสิ่งของที่เป็นสัญลักษณ์ คนที่คิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลจะตั้งคำถามเมื่อพบรูปแบบที่คลาดเคลื่อน หรือเมื่อเกิดข้อสงสัยต้องการเหตุผล บุคคลเหล่านี้ก็จะคาดคะเนและพิสูจน์ข้อคาดคะเนนั้นจนกระทั่งได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล

อัมพร ม้าคะนอง (2553) กล่าวไว้ว่า คณิตศาสตร์คือการให้เหตุผล แสดงให้เห็นว่าการให้เหตุผลมีความสำคัญทั้งในการเป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้และใช้งานคณิตศาสตร์และการดำรงชีวิตของมนุษย์ การให้เหตุผลมีความสำคัญต่อมนุษย์ทุกวัยในแต่ละวันมนุษย์ต้องให้เหตุผลกับ

คนอื่นและต้องการเหตุผลจากคนอื่น ด้วยเหตุนี้การฝึกการใช้เหตุผลจึงเป็นเรื่องจำเป็นที่ผู้เรียนต้องฝึกฝนให้เกิดเป็นทักษะหรือความชำนาญ

นันทวัน นันทวนิช (2557) กล่าวไว้ว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเป็นตัวช่วยสำคัญในการสนับสนุนให้การสร้างคำอธิบายและการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นฐานในการระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจและประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

จากการศึกษาความสำคัญของการให้เหตุผลที่ผ่านมา สามารถสรุปได้ว่า การให้เหตุผลมีความสำคัญทั้งในด้านการเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน บุคคลที่สามารถคิดและวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล ก็จะสามารถเชื่อมโยงสถานการณ์เข้าด้วยกัน และสรุปผลออกมาได้เป็นอย่างดี

2.4.2 ความหมายของการให้เหตุผล

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการให้เหตุผล ดังนี้

ลอว์ซัน (Lawson, 2009 อ้างอิงใน ชานนท์ คำปิวทา, 2559, น. 27) อธิบายไว้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการคิดของมนุษย์ที่ใช้ในการแสวงหาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มต้นจากการสำรวจปรากฏการณ์ที่พบในธรรมชาติ พยากรณ์สิ่งต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น และรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ต่าง ๆ จนสามารถลงข้อสรุปในองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นได้

โมสแมน (Moshman, 2011 อ้างอิงใน ชานนท์ คำปิวทา, 2559, น. 27) อธิบายไว้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือการคิดอย่างมีเหตุมีผล ที่จะนำไปสู่ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์โดยมีการใช้กระบวนการอนุมาน การทดสอบสมมติฐาน การพยากรณ์ ร่วมกับการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างมีเหตุผล และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่มี จนสามารถทำความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

ประสิทธิ์ ทองแจ่ม (2548) ได้กล่าวว่า การอ้างเหตุผลหรือการให้เหตุผลเป็นข้อความที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ข้อความอ้างหรือเหตุ เป็นข้อความที่สนับสนุนให้เกิดข้อความ เรียกว่าผลสรุปหรือข้อสรุป การอ้างเหตุผล เป็นกลุ่มข้อความที่เป็นการยืนยัน หรือปฏิเสธ และยอมรับว่ามีค่าความจริง เป็นจริงหรือเป็นเท็จ อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ฉะนั้นข้อความตรรกศาสตร์ จึงเป็นข้อความที่เปรียบเทียบได้กับประโยคปฏิเสธตามหลักไวยากรณ์

ทิศนา แขมมณี และคณะ (2549) ได้กล่าวว่า การให้เหตุผล หมายถึง การอธิบายเหตุการณ์หรือการกระทำต่างๆ โดยเชื่อมโยงให้เห็นถึงสาเหตุและผลที่เกิดในเหตุการณ์หรือการกระทำนั้น ๆ โดยมีขั้นตอนการให้เหตุผล คือ

1) รับรู้และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือการกระทำต่างๆ ที่ต้องการอธิบายให้เหตุผล

2) ค้นหาสาเหตุของเหตุการณ์หรือการกระทำที่เกิดขึ้น โดยอาศัยหลักตรรกะ / การยอมรับของสังคม / ข้อมูลหลักฐานสนับสนุน / การทดลองตรวจสอบ / เหตุผลเชิงประจักษ์

3) อธิบายให้ความเห็นสอดคล้องของเหตุและผลในเหตุการณ์หรือการกระทำนั้น ๆ

ตัวบ่งชี้การมีทักษะ

1) สามารถรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือการกระทำที่เกิดขึ้น

2) สามารถหาสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์หรือการกระทำนั้น ๆ

3) สามารถอธิบายเชื่อมโยงสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์หรือการกระทำนั้น ๆ

ณัฐิกานต์ รักนาค (2552) กล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นทักษะและกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์ปัญหา และสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์ วางแผนตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม การคิดอย่างมีเหตุผลเป็นเครื่องมือสำคัญที่นักเรียนสามารถนำติดตัวไปใช้ในการพัฒนาตนเองให้เกิดการเรียนรู้สิ่งใหม่ในการทำงานและการดำรงชีวิต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้กล่าวไว้ว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ และ/หรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการรวบรวมข้อเท็จจริง ข้อความ แนวคิด สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยง เพื่อทำให้เกิดข้อเท็จจริง หรือสถานการณ์ใหม่

จากการศึกษาความหมายของการให้เหตุผลที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า การให้เหตุผลเป็นความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลเกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ และอธิบายข้อสรุปโดยใช้ข้อมูลสนับสนุนหรือคัดค้านได้อย่างสมเหตุสมผล

2.4.3 ประเภทของการให้เหตุผล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีนักวิชาการและนักการศึกษาได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลไว้ดังนี้

ลอว์ซัน (Lawson, 2009 อ้างถึงใน ชานนท์ คำปิวทา, 2559, น. 27) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ประเภท ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบสมสมมตินัย (Abduction or Abductive Reasoning) เป็นการสร้างสมมติฐานที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสังเกตพบปัญหา (Puzzling Observation) หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ยังไม่อาจเข้าใจ เพื่อพยายามหาคำอธิบาย หรือคาดเดาถึงสิ่งที่เกิดขึ้น

2. การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroduction or Retroductive Reasoning) เป็นการนำสมมติฐานมาทำการทดสอบข้อกล่าวอ้าง ซึ่งสมมติฐานนี้เป็นการคาดคะเนเงื่อนไขของปรากฏการณ์เพื่อให้สามารถอธิบายข้อเท็จจริงจากหลักฐานที่สามารถยืนยันได้ กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ เป็นลักษณะในการประเมินค่าการอธิบายทางเลือกที่เกิดขึ้น

3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) เป็นการสร้างการทดสอบที่มีความน่าเชื่อถือขึ้น โดยนำความรู้พื้นฐานที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎี ที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปมาใช้อ้างอิงไปยังสมมติฐานหรือข้อสรุปที่สร้างขึ้น

4. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นการสร้างข้อสรุปหรือลงข้อสรุป จากผลของการค้นคว้าหาความจริง ซึ่งอาจได้มาจากการสังเกตหรือการทดลองซ้ำ ๆ

ฮัสแมน และคณะ (Hausman, et al., 2010 อ้างถึงใน ชานนท์ คำปิวทา, 2559, น. 27) แบ่งประเภทของการให้เหตุผลที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ประเภท ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) คือ การอ้างเหตุผลที่ข้อสรุปเป็นจริง เพราะการยอมรับข้ออ้าง (ว่าเป็นจริง) ซึ่งหมายความว่า ถ้าข้ออ้าง (premises) ของการอ้างเหตุผลเป็นจริงแล้ว ข้อสรุป (conclusion) ก็จำเป็นต้องจริงด้วย (จะเป็นเท็จไม่ได้) หรือ อาจกล่าวสั้น ๆ ว่า เป็นการอ้างเหตุผลที่ข้อสรุปเป็นจริงตามเงื่อนไขของข้ออ้าง

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) คือ การอ้างเหตุผลที่ข้ออ้างจริงทุกข้อ แต่ข้ออ้างสนับสนุนข้อสรุปเพียงบางส่วน ดังนั้น ข้อสรุปจึงยังมีโอกาสที่จะเป็นเท็จได้ หรือกล่าวได้ว่าถ้าข้ออ้างทุกข้อเป็นจริง ข้อสรุปจะมีโอกาสเป็นจริงสูง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 42-45) ได้จำแนกการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นกระบวนการที่ใช้การสังเกตหรือการทดลองหลาย ๆ ครั้ง แล้วรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาหารูปแบบที่จะนำไปสู่ข้อสรุปที่เชื่อได้ว่า น่าจะมีความถูกต้อง น่าจะเป็นจริง และมีความเป็นไปได้มากที่สุด แต่ยังไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าเป็นจริง และยังไม่พบข้อขัดแย้ง เรียกข้อสรุปนั้นว่า ข้อความคาดการณ์

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นกระบวนการที่ยกเอาสิ่งที่รู้ว่าเป็นจริงหรือยอมรับว่าเป็นจริงโดยไม่ต้องพิสูจน์ แล้วให้เหตุผลตามหลักคณิตศาสตร์ อ้างจากสิ่งที่รู้ว่าเป็นจริงนั้น เพื่อ

นำไปสู่ข้อสรุปหรือผลสรุปที่เพิ่มเติมขึ้นมาใหม่ ประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนของเหตุหรือสมมติฐาน และส่วนของผลหรือผลสรุป

จากการศึกษาประเภทของการให้เหตุผลของนักการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปประเภทของการให้เหตุผลที่สำคัญได้ 2 ประเภท คือ 1) การให้เหตุผลแบบอุปนัย คือ การให้เหตุผลที่เกิดจากการสังเกตหรือการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อรวบรวมข้อมูลมาสรุปเป็นกฎเกณฑ์ทั่วไป และ 2) การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นการให้เหตุผลที่นำเอาข้อสรุปที่เป็นกฎเกณฑ์ทั่วไป ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าเป็นความจริง มาอ้างอิงเพื่อนไปสู่ข้อสรุปใหม่ ๆ นอกจากนี้ยังมีประเภทอื่น ๆ ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ ได้แก่ การให้เหตุผลแบบสมสมมตินัย และการให้เหตุผลแบบอธิบาย

2.4.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล

การให้เหตุผลเป็นทักษะและกระบวนการที่สามารถพัฒนาให้เพิ่มพูนขึ้นได้ โดยอาจมีครูผู้สอนคอยชี้แนะ หรือจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาทางการทักษะการให้เหตุผล ซึ่งมีนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนะแนวทางสำหรับการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลไว้ดังนี้

โรแวน และ มอร์โรว์ (Rowan & Morrow, 1993 อ้างถึงใน วรนารถ อยู่สุข, 2555, น. 38) ได้เสนอแนวคิดว่า บรรยากาศในชั้นเรียนเป็นสิ่งสำคัญมากครูต้องจัดบรรยากาศที่แสดงให้นักเรียนเห็น การให้เหตุผลเป็นสิ่งที่สำคัญกว่าการได้คำตอบที่ถูกต้อง บรรยากาศในชั้นเรียนจะต้องไม่ทำให้นักเรียนรู้สึกหวาดกลัว หากแต่เป็นบรรยากาศที่สนับสนุน ส่งเสริมให้นักเรียนได้พูดอธิบาย และแสดงเหตุผลของแนวคิด

สเติร์นเบร์ก (Sternberg, 1999 อ้างถึงใน วรนารถ อยู่สุข, 2555, น. 38) ได้เสนอแนวคิดว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผล และประเมินการให้เหตุผลของผู้เรียน ผู้สอนควรต้องคำนึงถึงกระบวนการทางปัญญา 5 ขั้น คือ การระบุปัญหา การสร้างกลวิธีเพื่อแก้ปัญหา การสร้างมโนภาพจากข้อมูลในปัญหา การวางแผน และการจัดการทรัพยากรเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา และการกำกับและประเมินคำตอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547, น. 3) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาการให้เหตุผลว่า ควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนเรียนรู้อย่างมีเหตุผล
2. ให้นักเรียนฝึกคิดอย่างมีเหตุผล
3. ให้นักเรียนฝึกเป็นผู้ให้เหตุผล
4. ให้นักเรียนฝึกเขียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนทำ เพื่อหาคำตอบ
5. ให้นักเรียนฝึกให้เหตุผลในการอธิบายหรืออภิปราย

6. ให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ ประเมินการให้เหตุผลของผู้อื่น

7. ให้นักเรียนรู้จักเหตุผลเป็นเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบ หรือพิจารณาความถูกต้อง

8. ให้นักเรียนได้อาศัยการให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ

9. เลือกและใช้วิธีการให้เหตุผลและวิธีการพิสูจน์ชนิดต่าง ๆ ได้หลายหลาย

10. พัฒนาและประเมินการอ้างเหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์

11. เลือกใช้ความรู้ เพื่อจัดลำดับขั้นตอนของการให้เหตุผลและลงข้อสรุป

12. อ้างอิงความรู้ ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงหรือสร้างแผนภาพ

13. ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล

14. สร้างและตรวจสอบข้อความคาดคะเนทางคณิตศาสตร์ได้

15. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ การจัดหมวดหมู่ สรุปรวมข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกัน หรือต่างกันได้

จากการศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลข้างต้น ทำให้ได้แนวทางการพัฒนาทักษะการให้เหตุผล โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์และแก้ปัญหา ผ่านการอธิบาย อภิปราย และแสดงความคิดเห็น มีการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ วางแผนการปฏิบัติกิจกรรม อ้างอิงความรู้หรือข้อเท็จจริง และการยืนยันข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

2.4.5 การวัดและประเมินทักษะการให้เหตุผล

จาการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีหน่วยงาน นักวิชาการและนักการศึกษาได้เสนอแนวทางในการวัดและประเมินทักษะการให้เหตุผลไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) จากการศึกษาคู่มือการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ พบว่า ในการประเมินทักษะการให้เหตุผลสามารถประเมินได้จากความสามารถในการแสดงออกของนักเรียนดังนี้

1) รวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหา

2) เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนการให้เหตุผลและลงข้อสรุป

3) ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลการให้เหตุผล

ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณาการวัดประเมินผลการให้เหตุผลโดยการอ้างอิงที่ถูกต้องและเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล

เบา และคณะ (Bao, et al., 2009, p. 586 อ้างถึงใน ชานนท์ คำปิวทา, 2559, น. 30) ได้ศึกษาการเรียนรู้และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (Grade 12) โดยใช้แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนซึ่งอ้างอิงมาจาก แบบวัดของ Lawson

(Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR)) โดยแบบวัดนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ตอน (Lawson, 1995, p. 436-445) ได้แก่

ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหาที่เป็นสถานการณ์ต่าง ๆ พร้อมกับข้อมูลและรูปภาพประกอบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดความสามารุของนักเรียนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมถึงการวิเคราะห์สถานการณ์ สร้างคำพยากรณ์และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ข้อสอบในส่วนนี้สามารถเลือกใช้ได้ 2 ประเภท คือ 1) ข้อสอบประเภทที่มีตัวเลือก ได้แก่ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีตัวเลือกตั้งแต่ 2-4 ตัวเลือก หรือ 2) ข้อสอบประเภทเขียนตอบ ที่ให้นักเรียนเติมคำหรือเขียนตอบอย่างสั้น ๆ

ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามที่จะให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบในตอนที่ 1 โดยในแต่ละข้อคำถามจะมีหลักเกณฑ์ในการให้คะแนนที่พิจารณาจากคำตอบ ซึ่งจะได้คะแนนเต็มเมื่อตอบถูกทุกคำตอบ และอาจได้คะแนนบางส่วนหากตอบถูกไม่ครบทั้งหมด ดังนั้น นักเรียนจะต้องเลือกตอบที่ถูกต้องพร้อมกับให้คำอธิบายที่สมเหตุผล

PISA (2003 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553, น. 68-92) หรือโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment) ที่มุ่งเน้นการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) หรือการประยุกต์ใช้ความรู้ มากกว่าการประเมินความรู้ความจำ ในเนื้อหาสาระของวิชา โดย PISA ได้จำแนกการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) การรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2) การรู้มโนทัศน์และสาระเนื้อหา และ 3) การรู้จักใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงเข้ากับชีวิตจริง โดยกรอบการประเมินกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้มีการวัดและประเมินการใช้หลักฐานหรือประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบสอดคล้องกับการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในประเด็นดังนี้ 1) การตีความ แปลความหลักฐานและลงข้อสรุป 2) การให้เหตุผล สนับสนุน หรือคัดค้านข้อตกลงเบื้องต้นที่นำไปสู่ข้อสรุป 3) สื่อสารข้อสรุปและบอกหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุป ทั้งนี้ PISA ได้เสนอแนวทางการวัดและประเมิน โดยใช้ข้อสอบ 2 ประเภท ดังนี้

1. ข้อสอบประเภทเขียนตอบแบบอธิบาย เป็นข้อคำถามที่เป็นการกำหนดสถานการณ์หนึ่งสถานการณ์จะประกอบไปด้วยชุดของข้อคำถามที่ให้เขียนตอบอธิบายจำนวนหลายข้อ

2. ข้อสอบประเภทที่มีตัวเลือกแบบถูกหรือผิด เป็นข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ โดยที่ลักษณะของสถานการณ์ อาจเป็นข้อความ ตารางข้อมูล แผนภาพ หรือแผนภูมิ ทั้งนี้ สถานการณ์ดังกล่าว ต้องเป็นสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน สถานการณ์ที่ประชาชนกำลังให้ความสนใจ เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือสถานการณ์จำลองต่าง ๆ

TIMSS (2011 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) หรือโครงการศึกษาแนวโน้มในการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ระดับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study, 2007; TIMSS, 2007) ที่มีวัตถุประสงค์ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่ง TIMSS ได้กำหนดขอบเขตการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อันประกอบไปด้วย 2 ด้าน ดังต่อไปนี้ 1) ด้านเนื้อหา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จะครอบคลุม 3 เรื่อง ได้แก่ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ และวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ส่วนเนื้อหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จะครอบคลุม 4 เรื่อง ได้แก่ ชีววิทยา ฟิสิกส์ เคมี และวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ และ 2) ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ ประกอบไปด้วยกัน 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ การประยุกต์ใช้ความรู้ และการให้เหตุผล ซึ่งจะเหมือนกันทั้งในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

โดย TIMSS ยังได้ระบุนิยามของการใช้เหตุผลไว้อีกว่า นักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ดังตารางต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการใช้เหตุผล ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการใช้เหตุผล	**รายละเอียด**
1. วิเคราะห์/การแก้ปัญหา (Analyze/Solve Problems)	- วิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง แนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหา - พัฒนาและอธิบายแนวทางการแก้ปัญหา
2. สังเคราะห์ (Integrate/Synthesize)	- หาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง - เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาสาระแตกต่างกัน - แสดงให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน - บูรณาการแนวคิดหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการใช้เหตุผล	รายละเอียด
3. ตั้งสมมติฐาน/ทำนาย (Hypothesize/Predict)	- เชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลจากประสบการณ์หรือจากการสังเกตเพื่อสร้างคำถามที่สามารถค้นหาคำตอบได้จากการสำรวจตรวจสอบในแนวคิด - ทำนายเกี่ยวกับผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางชีวภาพหรือทางกายภาพโดยอาศัยประจักพยานและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ - ตั้งสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้ความรู้จากการสังเกตและ/หรือจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจ
4. ออกแบบ (Design)	- ออกแบบหรือวางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือตรวจสอบสมมติฐาน - อธิบายลักษณะของการสำรวจตรวจสอบที่ดีซึ่งรวมทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น - ตัดสินใจเกี่ยวกับการวัดหรือวิธีการที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบ
5. สรุป (Draw Conclusions)	- ตรวจหา/สืบหารูปแบบของข้อมูล อธิบายหรือสรุป และทำนายแนวโน้มของข้อมูลหรือข้อสนเทศที่กำหนดให้ - ใช้หลักฐานและ/หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการลงข้อสรุป - ลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐาน และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น
6. สร้างข้อสรุปทั่วไป (Generalize)	- สร้างข้อสรุปที่ได้จากการทดลองในสภาวะหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ แล้วประยุกต์ใช้ข้อสรุปนั้นกับสถานการณ์ใหม่ - กำหนดรูปแบบทั่วไปเพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางกายภาพ

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการใช้เหตุผล	รายละเอียด
7. ประเมิน (Evaluate)	- ประเมินข้อได้เปรียบ/ข้อเสียเปรียบเพื่อใช้ในการตัดสินใจทางเลือกอื่น ๆ ถึงวิธีการปฏิบัติ วัสดุ และแหล่งที่มา - พิจารณาปัจจัยทางวิทยาศาสตร์และปัจจัยทางสังคมเพื่อประเมินผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อระบบทางชีวภาพและกายภาพ - ประเมินความเป็นไปได้อื่น ๆ เกี่ยวกับการอธิบาย และวิธีการแก้ปัญหา - ประเมินผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบโดยอาศัยข้อมูลที่เพียงพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุป
8. ตรวจสอบ (Justify)	- ใช้ประจักษ์พยานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคำอธิบายและวิธีการแก้ปัญหา - ให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบในการแก้ปัญหา ข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ทั้งนี้ TIMSS ได้เสนอแนวทางการวัดและประเมิน โดยใช้ข้อสอบ 2 ประเภท ดังนี้

1. ข้อสอบประเภทเขียนตอบ เป็นข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ โดยมีลักษณะของข้อคำถามให้เขียนตอบเติมคำ เขียนตอบแบบอธิบาย หรือวาดรูปอธิบาย โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง

2. ข้อสอบประเภทที่มีตัวเลือกแบบเลือกตอบ เป็นข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ โดยมี 4 ตัวเลือก

สรุปได้ว่า แนวทางในการวัดและประเมินทักษะการให้เหตุผลนั้น มีหลากหลายรูปแบบ โดยอาจเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีตัวเลือกมาให้ หรือเป็นข้อสอบแบบเขียนตอบ เป็นการเติมคำตอบสั้น ๆ หรือเขียนเป็นคำอธิบาย ซึ่งมีการกำหนดประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์มาให้นักเรียนได้ทำการวิเคราะห์ และเขียนอธิบายคำตอบโดยการใช้เหตุผลต่าง ๆ มาสนับสนุนแนวความคิดของตนเองในเรื่องนั้น ๆ

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้การวัดและประเมินทักษะในการให้เหตุผล ตามแนวคิดของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA, 2003) ในประเด็นดังนี้

1) การตีความ แปลความหลักฐานและลงข้อสรุป

เป็นการอ่านเพื่อให้เข้าใจความหมาย ความคิดสำคัญของโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา โดยต้องใช้ความรู้ ความสามารถในการแปลความ จับใจความสำคัญ และการสรุปความ รวมทั้งการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหานั้น ๆ

2) การให้เหตุผล สนับสนุน หรือคัดค้านข้อตกลงเบื้องต้นที่นำไปสู่ข้อสรุป

เป็นการเชื่อมโยงเหตุและผลของปัญหา โดยมีการนำข้อมูลมาใช้ในการอ้างอิง เพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านข้อตกลงนั้น ๆ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป

3) สื่อสารข้อสรุปและบอกหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุป

เป็นการแสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่ได้อธิบายไว้ เพื่อให้เกิดความถูกต้องและมีความสมเหตุสมผล

ในการวัดและประเมินทักษะการให้เหตุผล ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบ 2 แบบ คือ 1) แบบทดสอบปรนัย และ 2) แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) เพื่อวัดและประเมินทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน

2.5 ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา

2.5.1 ความหมายของการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีนักการศึกษาและนักวิชาการได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

กู๊ด (Good, 1973, p. 513) กล่าวว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีของการแก้ปัญหา โดยการแก้ปัญหาเป็นแบบแผนหรือวิธีดำเนินการซึ่งอยู่ในภาวะที่มีความลำบากยุ่งยากหรืออยู่ในสภาวะที่พยายามตรวจข้อมูลที่หามาได้ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปัญหามีการตั้งสมมติฐาน และมีการตรวจสอบสมมติฐานภายใต้การควบคุม มีการเก็บข้อมูลจากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ เพื่อจะตรวจสอบว่าสมมติฐานนั้นเป็นจริงหรือไม่

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553, น. 153) กล่าวว่า การคิดแก้ปัญหาเป็นการพิจารณาไตร่ตรองอย่างพินิจพิเคราะห์ ถึงสิ่งต่างๆ ที่เป็นปมประเด็นสำคัญของเรื่องราวสิ่งต่างๆ ที่คอยก่อกวน สร้างความรำคาญ ความยุ่งยาก ความสับสน และความวิตกกังวล โดยพยายามหาทางคลี่คลายสิ่งเหล่านั้นให้ปรากฏและหาหนทางขจัดปัดเป่าสิ่งที่เป็นปัญหาที่ก่อความรำคาญ ความยุ่งยาก สับสนให้หมดไปอย่างมีขั้นตอน

อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553, น. 11) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นการนำความรู้เดิมทั้งทางตรงและทางอ้อมมาใช้ในการขจัดปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นใหม่โดยต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจ รวมถึงสติปัญญาและการคิด เพื่อทำให้ปัญหานั้นหมดไป

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556, น. 20) กล่าวว่า การแก้ปัญหา เป็นกระบวนการในการใช้ความรู้ ความคิดและประสบการณ์ ในการหาทางออกของปัญหาที่ต้องอาศัยทั้งสติปัญญาจนสามารถค้นพบทางออกของปัญหาเพื่อทำให้บรรลุสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้วางไว้

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559, น. 9) กล่าวว่า การแก้ปัญหา เป็นกระบวนการในการใช้ความรู้ ทักษะ และความเข้าใจต่างๆ ที่มีอยู่ เพื่อแก้ไขสถานการณ์หรือข้อคำถามที่เป็นปัญหาให้บรรลุผลสำเร็จ

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การแก้ปัญหา เป็นกระบวนการในการแก้ไขสถานการณ์หรือข้อคำถามต่างๆ โดยใช้ความรู้ความเข้าใจ สติปัญญา ทักษะ เพื่อขจัดปัญหาให้หมดไปและบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

2.5.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการในการนำความรู้ที่มีอยู่ ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิม องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา มีดังนี้

สตอลล์เบิร์ก (Stollburg, 1986, p. 41) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับองค์ประกอบในการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหาไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนและไม่เป็นไปตามลำดับ ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละคนย่อมมีลักษณะเฉพาะของแต่ละคน นอกจากนี้การแก้ปัญหายังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ต่อไปนี้

1. ประสบการณ์ของแต่ละบุคคล
2. วุฒิภาวะทางสมอง
3. สภาพการณ์ที่แตกต่างกัน
4. กิจกรรมและความสนใจของแต่ละบุคคลที่มีต่อปัญหานั้น

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544, น. 31-33) กล่าวว่า องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา มีดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถด้านนี้ คือ ทักษะการอ่าน และการฟัง เนื่องจากนักเรียนจะรับรู้ปัญหาได้จากการอ่านและการฟัง เมื่อพบปัญหาผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหา ซึ่งต้องอาศัยองค์ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ บทนิยาม มโนมติ และข้อเท็จจริงต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ซึ่งแสดงถึงศักยภาพทางสมองของผู้เรียนในการระลึกถึงและความสามารถนำมาเชื่อมโยงกับปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ ปัจจัยสำคัญ

อีกประการหนึ่งที่ช่วยให้การทำความเข้าใจปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ คือ การรู้จักใช้กลวิธีมาช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การขีดเส้นใต้ข้อความสำคัญ การแบ่งวรรคตอน การจดบันทึกเพื่อแยกแยะประเด็นสำคัญ การเขียนภาพหรือแผนภูมิ การสร้างแบบจำลอง กายกตัวอย่างที่สอดคล้องกับปัญหา การเขียนปัญหาใหม่ด้วยคำพูดตนเอง

2. ทักษะในการแก้ปัญหา เมื่อผู้เรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาอยู่เสมอผู้เรียนมีโอกาสได้พบปัญหาต่างๆ หลายรูปแบบ ซึ่งอาจจะโครงสร้างของปัญหาที่คล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกัน ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ในการเลือกใช้ยุทธวิธีต่างๆ เพื่อนำไปใช้ได้เหมาะสมกับปัญหา เมื่อเผชิญกับปัญหาใหม่ก็จะสามารถนำประสบการณ์เดิมมาเทียบเคียง พิจารณาว่า ปัญหาใหม่นั้นมีโครงสร้างคล้ายกับปัญหาที่ตนเองคุ้นเคยมาก่อนบ้างหรือไม่ ปัญหาใหม่นั้นสามารถแยกเป็นปัญหาย่อยๆ ที่มีโครงสร้างของปัญหาคล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยแก้มาแล้วหรือไม่ สามารถใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหาใหม่นี้ได้บ้าง ผู้เรียนที่มีทักษะในการแกปัญหาจะสามารถวางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม

3. ความสามารถในการคิดคำนวณและความสามารถในการให้เหตุผลหลังจากที่ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหา และวางแผนในการแก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ปัญหาบางปัญหาจะต้องใช้การคิดคำนวณและในบางปัญหาจะต้องใช้กระบวนการให้เหตุผล การคิดคำนวณนับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการแก้ปัญหา เพราะถึงแม้ว่าจะทำความเข้าใจปัญหาอย่างแจ่มชัด และวางแผนแก้ปัญหาได้เหมาะสมแต่เมื่อลงมือแก้ปัญหาแล้วคิดคำนวณไม่ถูกต้อง การแก้ปัญหานั้นก็ถือได้ว่าไม่ประสบความสำเร็จสำหรับปัญหาที่ต้องการคำอธิบายให้เหตุผล ผู้เรียนจะต้องอาศัยทักษะพื้นฐานในการเขียนและการพูด ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจในกระบวนการให้เหตุผลเท่าที่จำเป็นและเพียงพอในการนำไปใช้แก้ปัญหาในแต่ละระดับชั้น

4. แรงขับ เนื่องจากปัญหาเป็นสถานการณ์ที่แปลกใหม่ ซึ่งผู้เรียนผู้แก้ปัญหาไม่คุ้นเคยและไม่สามารถหาวิธีการหาคำตอบได้ในทันทีทันใด ผู้เรียนจะต้องคิดวิเคราะห์อย่างเต็มที่เพื่อจะให้ได้คำตอบ ผู้เรียนผู้แก้ปัญหาจะต้องมีแรงขับที่จะสร้างพลังในการคิด ซึ่งแรงขับนี้เกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ เช่น เจตคติ ความสนใจ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสำเร็จตลอดจนความซาบซึ้งในการแก้ปัญหา ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะต้องใช้ระยะเวลายาวนานในการปลูกฝังให้เกิดขึ้นในนักเรียนโดยผ่านกิจกรรมต่างๆ ในการเรียนการสอน

5. ความยืดหยุ่น ผู้แก้ปัญหาที่ดีจะต้องมีความยืดหยุ่นในการคิด คือไม่ติดยึดในรูปแบบที่ตนเองคุ้นเคยแต่จะยอมรับรูปแบบและวิธีการใหม่ๆ อยู่เสมอ ความยืดหยุ่นเป็นความสามารถในการปรับกระบวนการคิดแก้ปัญหาโดยบูรณาการ ความเข้าใจ ทักษะและความสามารถในการ

แก้ปัญหา ตลอดจนแรงขับที่มีอยู่เชื่อมโยงเข้ากับสถานการณ์ของปัญหาใหม่สร้างเป็นองค์ความรู้ที่สามารถปรับใช้เพื่อแก้ปัญหาใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ความรู้พื้นฐาน ปัญหาทางฟิสิกส์มีความเชื่อมโยงกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ผู้แก้ปัญหาต้องมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ดีพอ และสามารถนำความรู้นั้นมาใช้ได้อย่างสอดคล้องกับสาระของปัญหา จึงจะทำให้แก้ปัญหาได้

7. ระดับสติปัญญา มีความสอดคล้องทางบวกกับความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาสูงมีความสามารถในการแก้ปัญหาดีกว่าผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ

8. การอบรมเลี้ยงดู ผู้เรียนที่มาจากครอบครัวซึ่งมีการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น คิดและตัดสินใจด้วยตนเอง มีแนวโน้มที่จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าผู้เรียนที่มาจากครอบครัวที่เลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย และแบบเข้มงวดกวดขัน

9. วิธีสอนของครู กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นตัวผู้เรียนโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดอย่าเป็นอิสระ มีเหตุผล ให้ความสำคัญกับความคิดของผู้เรียนย่อมจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาดีกว่ากิจกรรมการเรียนการสอนแบบที่ครูเป็นผู้บอกให้รู้

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559, น. 12) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของบุคคลนั้นแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ความสนใจ ความพร้อม วุฒิภาวะทางสมอง ประสบการณ์ และสภาพแวดล้อม

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละคนขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ทักษะ และประสบการณ์ที่ได้รับการถ่ายทอด

2.5.3 ความหมายของโจทย์ปัญหา

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีนักการศึกษาและนักวิชาการได้ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาไว้ดังนี้

พิพัฒน์ สอนพัลละ (2545, น. 14) กล่าวว่า โจทย์ปัญหา เป็นสถานการณ์ที่สร้างขึ้นในลักษณะต่างๆ ประกอบไปด้วยข้อความ หรือตัวเลข โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการคิด เพื่อคิดหาวิธีการทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคนิคอื่นๆ ประกอบกัน เพื่อได้คำตอบที่ถูกต้องตามที่โจทย์ต้องการ

จักรพันธ์ พิรักษา (2553, น.13) กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สภาพปัญหาเหตุการณ์หรือสถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการแก้ไข ซึ่งประกอบด้วยจำนวนและตัวเลข รวมถึงคำห้อมล้อมที่ก่อให้เกิดปัญหา ซึ่งจะต้องตัดสินใจว่าจะต้องใช้วิธีการใดมาแก้ปัญหานั้น

โสมภิลัย สุวรรณ์ (2554, น. 7) กล่าวว่า โจทย์ปัญหา คือ สถานการณ์ที่ประกอบไปด้วยภาษาและตัวเลขที่ก่อให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้ที่จะคิดแก้ปัญหาจะต้องใช้ทักษะการตีความโจทย์มาเป็นสัญลักษณ์เสียก่อนและจะต้องคิดและตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการอะไรทางคณิตศาสตร์มาดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559, น. 12) โจทย์ปัญหา หมายถึง ข้อความหรือสถานการณ์ที่ต้องการให้ผู้เรียนได้คิดหาคำตอบด้วยตนเอง

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง คำถามหรือสถานการณ์ประกอบด้วยข้อความและตัวเลข ที่ต้องการให้ผู้เรียนใช้ทักษะกระบวนการคิดในการหาคำตอบ

2.5.4 แนวทางการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา มีนักการศึกษาและนักวิชาการได้ให้แนวทางในการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาดังนี้

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, น. 66-74) ได้เสนอวิธีการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยนำขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยามาเป็นแนวทาง ดังนี้

1. พัฒนาความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา

1.1 การพัฒนาทักษะการอ่าน การอ่านเป็นปัจจัยสำคัญในการทำความเข้าใจปัญหานักเรียนคุ้นเคยกับการอ่านข้อความที่สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยากนัก ต่างกับข้อความของโจทย์ปัญหาในแบบฝึกหัดหรือโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งในการอ่านเพื่อทำความเข้าใจนั้นจำเป็นต้องใช้สมาธิ ใช้ความพยายามในการอ่านเก็บรายละเอียดของข้อมูลทั้งหมด และต้องสามารถวิเคราะห์ได้ว่าข้อมูลส่วนใดสำคัญบ้าง และกิจกรรมพัฒนาทักษะการอ่านสามารถทำได้ในชั่วโมงคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะเมื่อมีตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา โดยฝึกรายบุคคลหรือฝึกเป็นกลุ่มย่อยอภิปรายกลุ่มกันถึงสาระสำคัญของโจทย์ปัญหา ความเป็นไปได้ของคำตอบที่ต้องการ ความเพียงพอหรือความเกินพอของข้อมูลที่กำหนด สำหรับนักเรียนบางคนที่มีปัญหาในการทำความเข้าใจ ครูต้องจัดประสบการณ์เพิ่มให้ เช่น การให้มีประสบการณ์จากการอ่านข้อมูลที่มีข้อมูลเชิงปริมาณจากหนังสือพิมพ์หรือวารสารต่าง ๆ และตั้งคำถามในสิ่งที่เป็นสาระสำคัญให้นักเรียนสามารถจับประเด็นจากสิ่งที่อ่านได้ ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาอื่น ๆ ที่อ่านจากโจทย์ในตัวอย่างแบบฝึกหัดหรือสิ่งอื่น ๆ จะนำไปสู่ความสามารถในการเข้าใจปัญหาอื่น ๆ

1.2 การใช้กลวิธีช่วยเพิ่มความเข้าใจ กลวิธีหลายประการที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจปัญหาได้ชัดเจนขึ้น

1.2.1 การเขียนภาพหรือแบบจำลอง เพื่อแสดงความสัมพันธ์ข้อมูลต่าง ๆ ของปัญหา จะทำให้ปัญหามีความเป็นรูปธรรมขึ้น ช่วยให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย

1.2.2 การลดขนาดปริมาณต่าง ๆ ที่กำหนดให้ในตัวปัญหาลงในแนวทางที่เป็นไปได้ เมื่อปริมาณน้อยจะช่วยให้โครงสร้างของปัญหามีความชัดเจนขึ้น การลดขนาดปริมาณนี้ต้องกระทำในแนวทางที่ถูกต้อง มีความเป็นไปได้และสมเหตุสมผล มิฉะนั้นแล้วแทนที่จะช่วยให้เข้าใจปัญหา อาจจะทำให้ปัญหามีความยุ่งยากมากขึ้น

1.2.3 การยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับปัญหา กลวิธีนี้ใช้ได้ดีกับปัญหาการพิสูจน์ข้อความ การยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับข้อความที่ต้องการพิสูจน์ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหาได้ดีขึ้นแต่ต้องคอยเตือนนักเรียนไว้เสมอว่าการยกตัวอย่างนั้น มิใช่การพิสูจน์ข้อความ

1.2.4 การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ให้เป็นเรื่องใกล้ตัว สถานการณ์ของปัญหาที่ห่างไกลจากประสบการณ์ของนักเรียนอาจทำให้นักเรียนรู้เรื่องราวที่ให้มาเป็นเรื่องใกล้ตัวมากขึ้นถ้านักเรียนทำไม่ได้ครูอาจดำเนินการเปลี่ยนแปลงเอง แล้วให้นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหาที่ปรับแล้วนั้น เช่น ปัญหาเกี่ยวกับวัฒนธรรมหรือปริมาณที่มีหน่วยการวัดที่นักเรียนไม่คุ้นเคย อาจปรับสภาพให้สม่ำเสมอในการทำแบบฝึกหัดจนเกิดความเคยชินในการนำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้

1.3 การใช้ปัญหาที่ใกล้เคียงชีวิตจริงให้นักเรียนฝึกทำความเข้าใจ เช่น ใช้ปัญหาที่กำหนดข้อมูลเกินความจำเป็นหรือกำหนดให้ไม่เพียงพอ เพื่อให้นักเรียนฝึกวิเคราะห์ข้อมูลว่าข้อมูลที่กำหนดให้ ข้อมูลใดใช้ได้บ้างหรือว่าข้อมูลที่กำหนดให้เพียงพอหรือไม่ ต้องการข้อมูลเพิ่มอีกบ้างเพราะปัญหาในชีวิตจริงนั้นมีปัจจัยเกี่ยวข้องมากมาย ผู้แก้ปัญหาต้องรู้จักเลือกเฉพาะปัจจัยต้องเลือกหาข้อมูลให้เพียงพอกับการแก้ปัญหา

2. การพัฒนาความสามารถในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีแนวทาง ดังนี้

2.1 ครูต้องบอกวิธีการแก้ปัญหาให้นักเรียนโดยตรง ควรใช้วิธีกระตุ้นให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง เช่น อาจใช้คำถามโดยอาศัยข้อมูลต่าง ๆ ที่ปัญหากำหนดให้ ถามแล้วเว้นระยะให้นักเรียนเพื่อตอบปัญหา ถ้าตอบไม่ได้เปลี่ยนคำถามให้ง่ายขึ้น คำถามหลายคำตอบจะทำให้คำตอบของกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ค่อย ๆ ปรากฏชัด หยุดใช้คำถาม เมื่อนักเรียนเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาแล้ว

2.2 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดออกมาดัง ๆ (Think Loud) คือ สามารถบอกให้ผู้อื่นทราบว่าตนเองคิดอะไร ไม่ได้คิดอยู่ในใจเพียงคนเดียวเงียบๆ การคิดออกมาดังๆ อยู่ในรูปของการบอกหรือเขียนแบบแผนลำดับขั้นตอนการคิดออกมาให้ผู้อื่นทราบทำให้เกิดการอภิปรายเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

2.3 สร้างลักษณะนิสัยของนักเรียนให้วางแผนก่อนลงมือทำเสมอ เพราะจะทำให้มองเห็นภาพรวมของการแก้ปัญหา สามารถประเมินความเป็นไปได้ก่อนลงมือทำ การทำงานอย่างมีระบบแบบแผนควรเน้นวิธีการแก้ปัญหาซึ่งสำคัญกว่าคำตอบ เพราะวิธีการสามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางกว่า

2.4 จัดปัญหาให้นักเรียนฝึกคิดบ่อย ๆ ซึ่งควรเป็นปัญหาท้าทายน่าสนใจ เหมาะกับความสามารถของนักเรียน ถ้าเป็นปัญหาง่ายเกินไปอาจทำให้ไม่น่าสนใจสำหรับนักเรียนที่เรียนเก่งแต่อาจกระตุ้นความสนใจของนักเรียนที่เรียนอ่อน เพราะเขาได้มีโอกาสประสบผลสำเร็จในการแก้ปัญหาได้เช่นกัน ถ้าปัญหานั้นเป็นปัญหาที่ยากเกินความสามารถของนักเรียน อาจมีส่วนทำให้นักเรียนเกิดความท้อถอย ไม่อยากคิด การให้นักเรียนมีโอกาสฝึกแก้ปัญหาบ่อย ๆ ทำให้ได้ฝึกการวางแผน

2.5 ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหา ควรส่งเสริมให้นักเรียนใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาให้มากกว่า 1 รูปแบบ เพื่อให้นักเรียนมีความยืดหยุ่นในการคิด ไม่ยึดติดในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งการพิจารณายุทธวิธีใหม่จะก่อให้เกิดการคิดวางแผนเพื่อแก้ปัญหาใหม่ ๆ เสมอ

3. การพัฒนาความสามารถในการดำเนินการตามแผน

หลังจากทำความเข้าใจปัญหาและวางแผนแก้ปัญหาแล้ว ขั้นต่อไปของการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ คือ การลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ การวางแผนเป็นการจัดลำดับขั้นตอนการคิดอย่างคร่าว ๆ ไม่ละเอียดชัดเจนนัก ในขั้นตอนการดำเนินการตามแผนนักเรียนต้องมีความพยายาม และนำแผนไปสู่การปฏิบัติอย่างละเอียดชัดเจนตามลำดับขั้นตอน ความสามารถดังกล่าว สามารถสร้างให้เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในตัวนักเรียน โดยอาศัยการทำโจทย์แบบฝึกหัดนั่นเอง โดยฝึกให้นักเรียนวางแผนจัดลำดับความคิดก่อนแล้วค่อยลงมือแสดงวิธีหาคำตอบตามความคิดนั่น สำหรับปัญหาในการคิดคำนวณ ถ้านักเรียนวางแผนแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องชัดเจนในขั้นตอนการลงมือปฏิบัติตามแผนมักมีปัญหาในการคิดคำนวณเท่านั้น ซึ่งถ้านักเรียนได้รับการฝึกมาอย่างเพียงพอก็จะไม่เป็นปัญหาแต่ค่อนข้างจะมีปัญหาในการดำเนินการตามแผน สำหรับปัญหาที่ต้องการคำอธิบายให้เหตุผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ต้องพิสูจน์และรูปแบบของการพิสูจน์ ซึ่งจะได้รับการฝึกฝนในช่วงระยะเวลานานพอสมควร ครูสามารถสร้างกิจกรรมเพื่อปลูกฝังและฝึกฝนการใช้ความคิดในการให้เหตุผลของนักเรียนได้จากกิจกรรมการสอนทั่วไป เช่น การสร้างโจทย์ปัญหาที่ต้องอาศัยการตัดสินใจ ต้องการคำอธิบายที่นอกเหนือไปจากโจทย์ปัญหาเชิงปริมาณ

4. การพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบ

ขั้นตอนการตรวจสอบของการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ครอบคลุมประเด็นสำคัญ 2 ประเด็น คือ กระบวนการมองย้อนกลับไปที่ขั้นตอนการแก้ปัญหา การวางแผนและ

ดำเนินการตามแผน โดยพิจารณาความถูกต้องของกระบวนการและผลลัพธ์ รวมทั้งพิจารณายุทธวิธีอื่น ๆ ในการแก้ปัญหา ประเด็นที่สอง คือ การมองเนื้อหาและกระบวนการโดยสร้างอุปสรรคปัญหาที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีแนวทางดังนี้

4.1 กระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ให้เคยชินเป็นนิสัย

4.2 ฝึกให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบ

4.3 ฝึกให้นักเรียนตีความหมายของคำตอบ

4.4 สนับสนุนให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดโดยใช้วิธีการหาคำตอบมากกว่า 1 วิธี

4.5 ให้นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยอาศัยสภาพการจากสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตจริง รวมทั้งแปลงโจทย์ปัญหาในแบบฝึกหัด

สุวร กาญจนมยูร (2538, น. 49) ได้กล่าวถึงการฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาก็มีลักษณะคล้ายกับการฝึกทักษะการคิดเลขเร็ว กล่าวคือ ทักษะต่าง ๆ จะเกิดได้นั้นจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคบางประการมาช่วย ได้แก่

1. เทคนิคการอ่านโจทย์ปัญหา จะต้องอ่านแบ่งวรรคตอนให้ถูกต้อง อ่านซ้ำ เพื่อจับใจความ สำคัญของโจทย์ปัญหาว่ากล่าวถึงเรื่องอะไร อย่างไร

2. เทคนิคการใช้คำถาม จะต้องฝึกให้เป็นคนถามเก่ง ฝึกสังเกต ประเด็นสำคัญว่าข้อความของโจทย์ทั้งหมดมีกี่ขั้นตอน ตอนใดเป็นสิ่งกำหนดให้และตอนใดเป็นสิ่งที่โจทย์ถามหรือโจทย์ต้องการทราบ

3. เทคนิคการวาดภาพประกอบโจทย์ที่เป็นตัวอย่าง เพื่อทำให้ข้อความในโจทย์ปัญหาชัดเจน เพราะมีภาพประกอบ นักเรียนหลายคนเข้าใจข้อความของโจทย์ปัญหาหลังวาดภาพประกอบเสร็จแล้ว

4. ฝึกทักษะเทคนิคการแต่งโจทย์ที่เป็นตัวอย่าง ครูผู้สอนจะต้องมีเทคนิคในการแต่งโจทย์ปัญหา โดยเริ่มจากโจทย์ปัญหาที่ไม่ซับซ้อนและใช้ตัวเลขมีค่าน้อย ๆ ก่อนแล้วค่อย ๆ แต่งโจทย์ปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อนขึ้น ใช้ตัวเลขที่มีค่ามากขึ้น เพื่อให้นักเรียนตีความ แปลความ สรุปความ ตลอดจนวิเคราะห์ข้อความในโจทย์ได้ว่าจะแก้โจทย์ปัญหานั้นด้วยวิธีการใด จากข้อความของโจทย์ที่ไม่ซับซ้อนไปสู่ข้อความที่มีความซับซ้อนมากขึ้น หากนักเรียนสามารถคิดวิธีการแก้ปัญหาได้จากง่ายไปหายากก็จะทำให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นตัวเองว่าแก้โจทย์ปัญหาเป็น

5. เทคนิคการแปลความและสรุปความมาเป็นประโยคสัญลักษณ์ นักเรียนต้องสามารถวิเคราะห์ข้อความที่เป็นสิ่งกำหนดให้กับสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างไรจะมี

ลู่ทางในการหาคำตอบหรือแก้โจทย์ปัญหานั้นด้วยวิธีการใด โดยครูผู้สอนต้อง “ไม่บอกให้รู้” แต่หนูคิดวิธีได้เอง

6. เทคนิคการเขียนแสดงวิธีทำ นักเรียนต้องเขียนข้อความแสดงวิธีทำในแต่ละข้อสั้น ๆ แต่ต้องชัดเจนและรัดกุม หรือตีความหมายได้ตามเจตนาของโจทย์ปัญหาและวิธีทำหลาย ๆ วิธีเท่าที่สามารถจะคิดวิธีได้

2.5.5 ผลสรุปการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

โจทย์ปัญหาฟิสิกส์นั้นเป็นสถานการณ์หรือคำถามที่มีเนื้อหาสาระกระบวนการหรือความรู้ที่ผู้เรียนอาจไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที การหาคำตอบจะต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ทั้งทางฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ ประกอบกับทักษะและความสามารถในด้านการคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการตัดสินใจ การเรียนการสอนเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา เป็นการฝึกให้นักเรียนมีวิธีการที่ดีในการแก้ปัญหา มากกว่าที่จะสอนให้นักเรียนรู้คำตอบของปัญหา โดยพยายามส่งเสริมให้นักเรียนค้นพบรูปแบบหรือวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง นั่นคือ เน้นทักษะกระบวนการคิดของนักเรียนนั่นเอง จึงต้องอาศัยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากตารางที่ 2.2 หน้าที่ 21 และภาพที่ 2.6 กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ หน้า 33 พบว่า ทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนนั้น ต้องมีกลวิธีแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้วิจัย ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นเนื้อหาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความซับซ้อนของโจทย์ปัญหา อาจมีการบูรณาการความรู้อื่นๆ โดยทักษะการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดของผู้วิจัย มี 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ค้นหาจุดมุ่งหมายของโจทย์ปัญหา ในขั้นแรกนักเรียนต้องมีทักษะในการอ่านให้เข้าใจเนื้อหาในโจทย์ปัญหานั้นว่าโจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใดหรือมีจุดมุ่งหมายอะไร

คำถามชี้นำ คือ โจทย์ปัญหานี้ต้องการทราบสิ่งใดหรือมีจุดมุ่งหมายอะไร

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์และแปลความหมายของโจทย์ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนต้องมีทักษะในการวิเคราะห์ว่าปัญหาและแปลความหมายของโจทย์ ว่าโจทย์กำหนดสิ่งใดมาให้บ้าง อาจมีการวาดภาพพร้อมระบุสัญลักษณ์ตัวแปรประกอบ และนักเรียนต้องจำแนกแยกแยะสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากกันให้ชัดเจน

คำถามชี้นำ คือ

- โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้บ้าง
- วาดภาพและระบุสัญลักษณ์ประกอบการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างไร
- ตัวแปรที่เกี่ยวข้องมีอะไรบ้าง

ขั้นที่ 3 วางแผนและเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนต้องมีทักษะในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ รวมถึงสิ่งที่โจทย์ต้องการหา จากนั้นเลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยนำทฤษฎี หลักการ เหตุผล สูตร สมการ กลวิธี หรือความรู้เรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง มาประกอบกับข้อมูลแล้วนำเสนอในรูปแบบวิธีการแก้โจทย์ปัญหา

คำถามชี้นำ คือ

- โจทย์ปัญหานี้อธิบายด้วยหลักการหรือทฤษฎีอะไร
- โจทย์ปัญหานี้จะใช้สูตรหรือสมการใดในการแก้ปัญหา
- โจทย์ปัญหานี้มีขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างไร

ขั้นที่ 4 สร้างแผนผังมโนทัศน์จากโจทย์ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนต้องมีทักษะการจัดระบบ โดยการจัดกลุ่มคำหรือมโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันให้อยู่ในกลุ่มเกี่ยวกัน ซึ่งพิจารณาจากทักษะการแก้ปัญหาในขั้นที่ 1-3

คำถามชี้นำ คือ

- โจทย์ปัญหานี้สามารถจัดกลุ่มคำที่มีความสัมพันธ์กันอะไรได้บ้าง
- สามารถเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์อย่างไรได้บ้าง

ขั้นที่ 5 ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาและปฏิบัติตามแผน ในขั้นนี้นักเรียนต้องมีทักษะในการคำนวณและแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบ

คำถามชี้นำ คือ

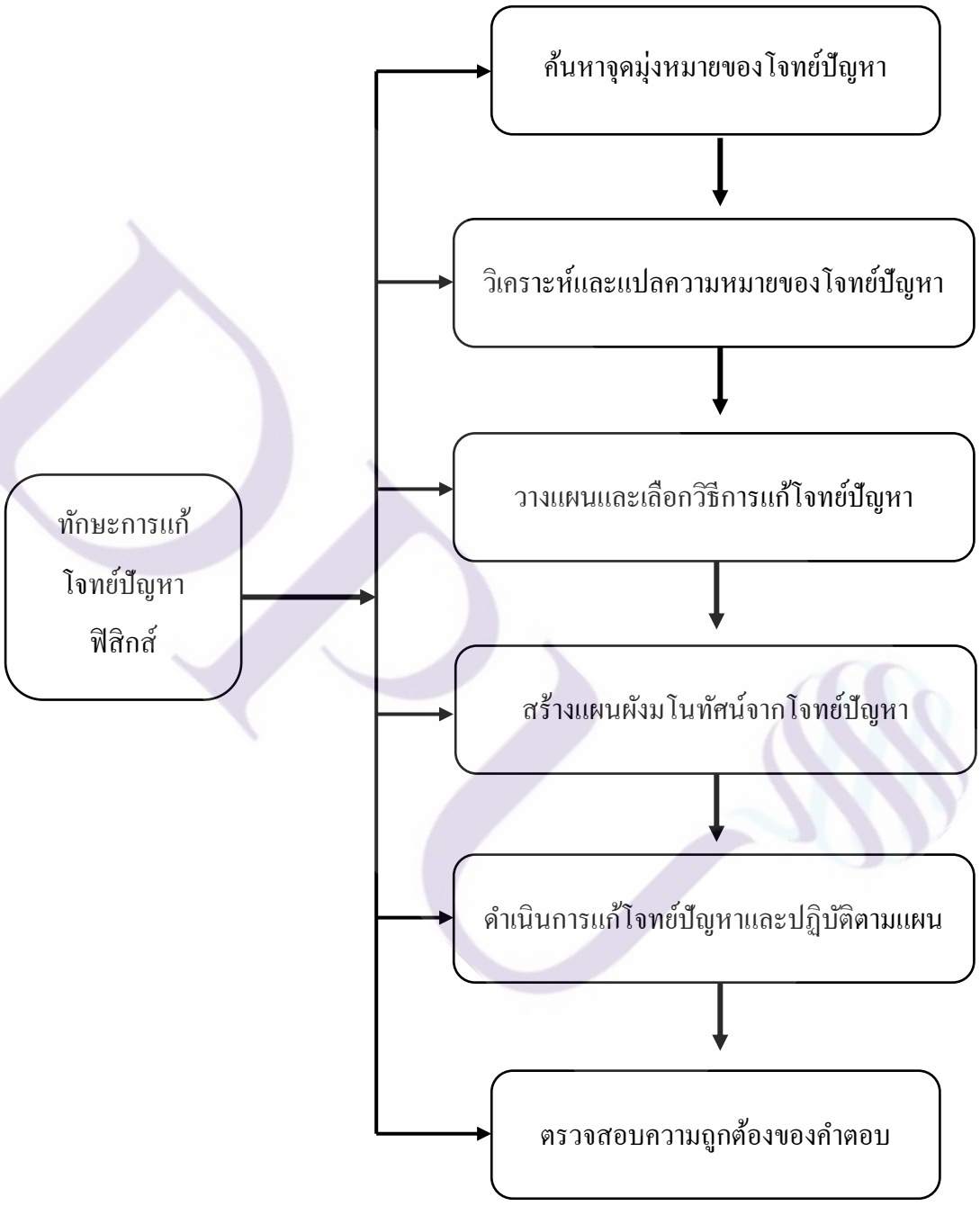
- โจทย์ปัญหานี้ใช้สูตรอย่างไร
- โจทย์ปัญหานี้สามารถแทนค่าในการหาคำตอบอย่างไร
- โจทย์ปัญหานี้คิดคำนวณคำตอบอย่างไร

ขั้นที่ 6 ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ ในขั้นนี้นักเรียนต้องมีทักษะในการพิจารณา ถ้านักเรียนไม่พบคำตอบตามเงื่อนไขของปัญหานักเรียนต้องกลับไปวางแผนแก้ปัญหาใหม่ หรือหากพบคำตอบให้พิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบว่าสอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ต้องการแล้วหรือยัง

คำถามชี้นำ คือ

- คำตอบที่ได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดหรือไม่
- คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่
- สูตรหรือสมการที่ใช้ในการคำนวณถูกต้องหรือไม่
- มีขั้นตอนใดบ้างที่วางแผนไว้แต่ยังไม่ได้คำนวณ
- ตอบครบทุกคำถามที่โจทย์ต้องการทราบหรือยัง

ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนในการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ไว้ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนในการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

2.5.6 การวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544, น. 44) กล่าวว่า การประเมินควรแสดงให้เห็นความสามารถของนักเรียนในการแสดงสาระสำคัญทั้งหมดของการแก้ปัญหา หลักฐานร่องรอยเกี่ยวกับความสามารถในการถามคำถาม การใช้ข้อสารสนเทศที่กำหนดให้ และการสร้างข้อคาดการณ์ การประเมินจะใช้หลักฐานของการใช้ยุทธวิธีและเทคนิคการแก้ปัญหา รวมทั้งความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายความหมายของผลลัพธ์ที่ได้ ตลอดจนความสามารถในการขยายสู่กรณีทั่วไป

ในการประเมินผลการแก้ปัญหา ควรให้คะแนนตามความสามารถของนักเรียนในทุกขั้นตอน เมื่อนักเรียนตอบปัญหา หรือแก้โจทย์ปัญหาได้คำตอบ แม้ว่าเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องทั้งหมด ชาร์เลส, เลสเทอร์และโอแดฟเฟอร์ (Charles, Lester, and o'Daffer, 1987 อ้างถึงในปิยะนาถ เหมวิเศษ, 2551, น. 20-24) เสนอแนวทาง/วิธีการประเมินผลการแก้ปัญหาไว้ 4 ประการ ได้แก่

วิธีที่ 1 การสังเกตและการตั้งคำถาม เป็นการประเมินขณะที่นักเรียนกาลังลงมือแก้ปัญหา ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่ไม่สามารถระบุเป็นคะแนนได้ ซึ่งได้แก่ พฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียน ความเชื่อและเจตคติ การสังเกตที่ดีควรมีการจดบันทึกสิ่งที่สังเกตไว้ และจะต้องบันทึกทันทีทันใดภายหลังการสังเกต ซึ่งก่อนเข้าสู่บทเรียนครูต้องเลือกประเด็นของสิ่งที่ต้องการประเมินและเตรียมเครื่องมือประเมินไว้ล่วงหน้า

วิธีที่ 2 การใช้ข้อมูลการวัดผลของนักเรียน เป็นการให้นักเรียนเขียนรายงานหรือบันทึกออกมาถึงความรู้สึก ความเชื่อ ความตั้งใจ และความคิดของนักเรียนเองเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่กำหนด เพื่อให้มีประเด็นในการเขียน ครูอาจใช้คำถามต่อไปนี้แนะแนวทางในการเขียนได้นักเรียนทาอะไร เมื่อแรกพบปัญหา นักเรียนใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหา ผลเป็นอย่างไร

ถ้ายุทธวิธีนั้นแก้ปัญหาไม่สำเร็จ นักเรียนพยายามหายุทธวิธีอื่นมาลองใช้อีกหรือไม่ นักเรียนตรวจสอบคำตอบหรือไม่ ลองใช้วิธีการอื่น ๆ บ้างหรือไม่ นักเรียนแน่ใจหรือไม่ว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง

วิธีที่ 3 การให้คะแนนแบบรูบริค เป็นการประเมินจากการเขียนแสดงขั้นตอนการคิดของนักเรียน แบ่งเป็น 3 วิธี ดังนี้

1. การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic Scoring) เป็นวิธีการประเมินที่กำหนดค่าคะแนนโดยพิจารณาแยกแยะจากขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหา ขั้นตอนแรกของการพัฒนาสเกลการให้คะแนน คือ การกำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่ครูต้องการประเมิน ขั้นที่สอง คือ การกำหนดพิสัยของคะแนนที่เป็นไปได้สำหรับขั้นตอน

2. การให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic Scoring) เป็นการให้คะแนนที่เน้นภาพรวมของคำตอบ ไม่ใช่พิจารณาเฉพาะคำตอบเท่านั้น การให้คะแนนแบบองค์รวมจะไม่กำหนดคะแนนแยกแยะลงไปเป็นขั้นๆ แต่จะกำหนดน้ำหนักคะแนนสำหรับภาพรวมของคำตอบทั้งหมด

3. การให้คะแนนจากความประทับใจทั่วไป (Impressing Scoring) เป็นการให้คะแนนโดยใช้ความประทับใจทั่วไป ซึ่งมีเกณฑ์ที่แน่นอนชัดเจนจากผู้ประเมินที่มีประสบการณ์สูงหรือผู้เชี่ยวชาญ

วิธีที่ 4 การใช้แบบทดสอบ แบบทดสอบที่ใช้มี 2 ประเภท ได้แก่

1. แบบทดสอบแบบปรนัย
2. แบบทดสอบแบอัตนัย

กรมวิชาการ (2544, น. 113-120) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาแบบวิเคราะห์ ดังนี้

1. ความเข้าใจปัญหา

2 คะแนน สำหรับความเข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง

1 คะแนน สำหรับการเข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อมีหลักฐานที่แสดงว่าเข้าใจน้อยหรือไม่เข้าใจเลย

2. การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา

2 คะแนน สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและเขียนประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง

1 คะแนน สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาซึ่งอาจจะนำไปสู่คำตอบที่ถูก แต่ยังมีบางส่วนผิด โดยอาจเขียนประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง

0 คะแนน สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

3. การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา

2 คะแนน สำหรับการนำยุทธวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง

1 คะแนน สำหรับการนำยุทธวิธีการแก้ปัญหาบางส่วนไปใช้ได้ถูกต้อง

0 คะแนน สำหรับการใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

4. การตอบ

2 คะแนน สำหรับการตอบคำถามได้ถูกต้อง สมบูรณ์

1 คะแนน สำหรับการตอบที่ไม่สมบูรณ์หรือใช้สัญลักษณ์ผิด

0 คะแนน เมื่อไม่ได้ระบุคำตอบ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยประเมินทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัยและอัตนัย และมี

เกณฑ์ในการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงต่อไปในหัวข้อเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.5.7 แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2542) แบ่งประเภทของแบบทดสอบได้แตกต่างกันตามเกณฑ์ที่ใช้ ดังนี้

1. แบ่งตามลักษณะทางจิตวิทยาที่ใช้วัด แบ่งเป็น 3 ประเภทได้แก่

1) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความเข้าใจตามพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ซึ่งเกิดขึ้นจากการเรียนรู้ แบบทดสอบประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1) แบบทดสอบที่ครูสร้างเอง (Teacher–Made Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างกันโดยทั่วไป เมื่อต้องการใช้ก็สร้างขึ้น ใช้แล้วก็เลิกกัน ถ้านาไปใช้อีกก็ต้องตัดแปลง ปรับปรุงแก้ไข เพราะเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นใช้เฉพาะครั้ง อาจยังไม่มีการวิเคราะห์หาคุณภาพ

1.2) แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบที่ได้มีการพัฒนาด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติมาแล้วหลายครั้งหลายหน จนมีคุณภาพสมบูรณ์ทั้งด้านความตรง ความเที่ยง ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเป็นปรนัยและมีเกณฑ์ปกติ (norm)ไว้เปรียบเทียบด้วย รวมความแล้วต้องมีมาตรฐานทั้งด้านการดาเนินการสอบและแปลผลคะแนนที่ได้

2) แบบทดสอบความถนัด (Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพทางสมองของคนว่า มีความรู้ ความสามารถมากน้อยเพียงใด และมีความสามารถทางด้านใดเป็นพิเศษ แบบทดสอบประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1) แบบทดสอบความถนัดทางการเรียน (Scholastic Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบความถนัดที่วัดความสามารถทางวิชาการว่ามีความถนัดในวิชาอะไร ซึ่งจะแสดงถึงความสามารถในการเรียนต่อแขนงวิชานั้น และจะสามารถเรียนไปได้มากน้อยเพียงใด

2.2) แบบทดสอบความถนัดพิเศษ (Specific Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถพิเศษของบุคคล เช่น ความถนัดทางดนตรี ทางการแพทย์ ทางศิลปะ เป็นต้น ใช้สำหรับการแนะแนวการเลือกอาชีพ เช่น แบบทดสอบวัดความถนัดทางศิลป์

3) แบบทดสอบบุคคล – สังคม (Personal-Social Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดบุคลิกภาพและการปรับตัวเข้ากับสังคมของบุคคล

2. ถ้าแบ่งตามรูปแบบของการถามการตอบ จะแบ่งเป็น 2 ประเภท

1) แบบวัดความเรียง (Essay Test) แบบนี้จะกำหนดคำถามให้ผู้ตอบจะต้องเรียบเรียงคำตอบเอง การวัดความรู้ด้วยคำถามแบบความเรียงหรือที่รู้จักว่า เป็นแบบอัตนัย รูปแบบจะมี

เฉพาะตัวคำถามเท่านั้น ส่วนคำตอบจะเว้นที่ว่างหรือกำหนดกระดาษคำตอบให้ไว้เป็นพิเศษ สำหรับให้ผู้ตอบเขียนคำตอบลงไปเองผู้ตอบมีอิสระในการตอบคำถามแบบนี้จะมีปัญหาในการตรวจให้คะแนนทั้งความเป็นธรรมและความสะดวกรวดเร็ว ฉะนั้นจึงไม่นิยมไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบทดสอบอัตนัย คือ แบบทดสอบที่มีลักษณะ ผู้ตอบต้องเขียนบรรยายตอบ ผู้ตอบมีสิทธิจะเขียนตอบอย่างเสรี อาจจะมีคำตอบถูกหลาย ๆ ทาง คำตอบของข้อสอบข้อเดียวกัน อาจจะมีความแตกต่างทั้งในด้านคุณภาพและความถูกต้อง แบบทดสอบอัตนัย
แบ่งประเภทได้ ดังนี้

(1) แบบไม่จำกัดตอบ (extended response) ข้อสอบแบบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบนี้ให้อิสรเสรีแก่นักเรียนอย่างเต็มที่ ในการอภิปรายแสดงความคิดเห็นและรวบรวมข้อมูลเท็จจริงต่าง ๆ มาใช้ในการสอน โดยทั่วไปข้อสอบแบบนี้จะให้นักเรียนแสดงความสามารถ ซึ่งจาเป็นต้องอาศัยการสังเคราะห์และการประเมินผล ข้อสอบนี้นับว่ามีคุณค่าอย่างยิ่งในการวัดกระบวนการทางสมองที่สูงขึ้น

(2) แบบจำกัดตอบ (restricted response) ข้อสอบแบบนี้มักจะกำหนดขอบเขตแบบฟอร์มและ เนื้อที่เฉพาะให้นักเรียนไม่มีอิสรเสรีในการตอบมากนัก แบบทดสอบนี้ให้ตอบสั้นกว่าแบบแรก คำตอบอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ในวงจำกัด โดยทั่วไปแล้วจะกำหนดขอบข่ายและความยาวในการตอบไว้ด้วยตัวอย่างเช่น

(3) แบบอัตนัยประยุกต์ หรือเรียกทั่วไปว่า แบบ MEQ (Modified Essay Question) เป็นแบบทดสอบคำถามปลายเปิด เสนอกรณีศึกษา ตามลำดับเหตุการณ์ และให้ข้อมูลเป็นตอนๆ แล้วมีคำถามแทรกเป็นระยะๆ ข้อมูลนั้นเกี่ยวสัมพันธ์กับคำถามมากหรือน้อย ผู้ตอบต้องตัดสินใจเลือกข้อมูลมาสังเคราะห์คำตอบ คำถามแต่ละข้อเป็นอิสระกัน ข้อสอบแบบ MEQ กำหนดให้ผู้สอบทาข้อสอบโดยใช้ข้อมูลเฉาพะหน้านั้นๆ มิให้ย้อนกลับไปแก้ข้อสอบที่ทาไปแล้วหรือเปิดไปดูข้อมูลข้างหน้า

แบบทดสอบ MEQ มีข้อดี คือ สามารถวัดความสามารถในกระบวนการแก้ปัญหา มีความเป็นปรนัยสูง มีประสิทธิภาพบนพื้นฐานของการปฏิบัติจริง วัดความสามารถในการกำหนดปัญหาและวางแผนการจัดการปัญหา เปิดโอกาสให้ได้ตรวจสอบเจตคติ เหมาะกับการสอนแบบเอาปัญหาเป็นตัวตั้ง และการสอนแบบบูรณาการ การใช้แบบทดสอบ MEQ ในรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะสามารถช่วยทั้งผู้เรียนและผู้สอนได้

2) แบบทดสอบสั้นและเลือกตอบ (Short Answer and Multiple Choice Test) หรือที่รู้จักกันทั่วไปคือ แบบปรนัย (Objective Test) แบบนี้จะกำหนดคำถามให้ และกำหนดให้ตอบสั้นๆ หรือกำหนดคำตอบมาให้เลือก ผู้ตอบจะต้องเลือกตอบตามนั้น แบ่งเป็น

(1) แบบถูก – ผิด (True – False Item) กำหนดข้อความมาให้และให้ตอบว่า ถูก หรือ ผิด ใช่ หรือ ไม่ใช่ จริง หรือ ไม่จริง อย่างใดอย่างหนึ่ง

(2) แบบเลือกตอบ (Multiple Choice Item) รูปแบบทั่วไปของแบบวัดชนิดเลือกตอบจะมีตัวคำถามซึ่งเขียนเป็นประโยคสมบูรณ์และมีตัวเลือกตอบ กำหนดไว้ให้เลือกตอบอาจจะมี 3 4 5 หรือ 6 ตัวเลือกในส่วนที่เป็นตัวเลือกตอบประกอบด้วยตัวถูกและตัวลวง คำถามแบบเลือกตอบมีหลายชนิด

(3) แบบให้ตอบสั้น (Short Answer Item) เป็นแบบที่ผู้ตอบต้องคิดหาคำตอบเอง แต่จำกัดคำตอบเพียงสั้นๆ เท่านั้น มี 3 รูปแบบ คือ

(4) แบบจับคู่ (Matching Test) เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะการนำเสนอด้วยคำวลีหรือข้อความ 2 ส่วนเพื่อจับคู่กัน ส่วนที่ 1 คือคำถามที่มีลักษณะเป็นคำถามหรือข้อความซึ่งเป็นมโนทัศน์เขียนเรียงเป็นแนวตั้ง 1 แถว ส่วนที่ 2 คือ คำตอบซึ่งเป็นคำถามหรือข้อความที่สัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับปัญหา เขียนเรียงเป็นแนวตั้งอีกแถว โดยทั่วไปจำนวนข้อของคำตอบจะมีมากกว่าคำถาม

3. แบ่งตามลักษณะของการตอบ จะแบ่งเป็น 3 ประเภท

1) แบบทดสอบปฏิบัติ (Performance Test) เป็นแบบทดสอบด้วยการให้ปฏิบัติทาจริง ๆ เช่น การแสงดละคร การช่างฝีมือ การพิมพ์ดีด การทดลอง เป็นต้น

2) การทดสอบเขียนตอบ (Paper-pencil Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งใช้กระดาษและดินสอหรือปากกาเป็นอุปกรณ์ช่วยตอบ ผู้ตอบต้องเขียนตอบทั้งหมด

3) แบบทดสอบปากเปล่า (Oral Test) เป็นการทดสอบที่ให้ผู้ตอบพูดแทนการเขียน มักจะเป็นการพูดคุยกันระหว่างผู้ถามกับผู้ตอบ เช่น การสอบสัมภาษณ์ การสอบวิทยานิพนธ์ของบางสถาบัน

4. แบ่งตามเวลาที่กำหนดให้ตอบ จะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) แบบทดสอบที่ใช้ความเร็ว (Speed Test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดเวลาให้จำกัดต้องตอบภายในเวลานั้น มักจะมีจำนวนข้อคำถามมากๆ แต่ให้เวลาน้อยๆ

2) แบบทดสอบให้เวลามาก (Power Test) เป็นแบบทดสอบที่ไม่กำหนดเวลา ให้เวลาตอบอย่างเต็มที่ ผู้ตอบจะใช้เวลาตอบเท่าใดก็ได้ เสร็จแล้วเป็นเลิกกัน

5. แบ่งตามลักษณะเกณฑ์ที่ใช้วัด จะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) แบบทดลองอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced Test) เป็นแบบทดสอบที่สอบวัดตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้ หรือ ตามเกณฑ์ภายนอก ซึ่งเป็นเนื้อหาของวิชาการเป็นหลัก

2) แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced Test) เป็นแบบทดสอบที่เปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่มที่สอบด้วยกัน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า แบบทดสอบหรือแบบวัดนั้นมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของผู้สร้างและการใช้ประโยชน์ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนด แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เป็นแบบทดสอบ 2 ประเภท คือ 1) แบบปรนัย และ 2) แบบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) เนื่องจากสามารถวัดความสามารถในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา อีกทั้งยังมีความเป็นปรนัยสูงอีกด้วย

2.6 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement) เป็นสมรรถภาพในด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้จากประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมจากครูผู้สอน สำหรับความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้หลายท่าน สรุปได้ดังนี้

กู๊ด (Good, 1973, น. 7) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้หรือทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้ในวิชาต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากคะแนนสอบที่กำหนดให้หรือจากคะแนนที่ได้ งานที่ผู้สอนมอบหมาย

พัชรินทร์ จันทร์หัวโทน (2544, น. 9) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงความสามารถของบุคคลในการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยที่ผู้ตอบได้คะแนนมาก คือ ผู้ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ส่วนผู้ที่ตอบได้คะแนนน้อยถือว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543, น. 29) กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ คุณลักษณะรวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคล อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือคือมวลประสบการณ์ทั้งปวงที บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่างๆ ของสมรรถภาพสมอง

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ และคณะ (2540, น. 5) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะ สมรรถภาพด้านต่าง ๆ ของสมองหรือมวลประสบการณ์ทั้งปวงของบุคคลที่ได้รับการเรียนการสอนหรือผลงานที่นักเรียนได้จากการประกอบกิจกรรม

ไพศาล หวังพานิช (2536, น. 30-31) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic achievement) ว่าหมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการศึกษาฝึกฝนอบรม หรือ จากการสอน การวัดผลสัมฤทธิ์จึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถหรือ ความสัมฤทธิ์ผล (Level of Accomplishment) ว่าเรียนแล้วรู้เท่าไร มีความสามารถชนิดใด

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านความรู้ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านการเรียนรู้

2.6.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บลูม (Bloom, 1976, น. 160) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มี 3 ปัจจัย คือ

1. คุณสมบัติด้านความรู้ หมายถึง ความสามารถและความถนัดของผู้เรียนที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนการเรียนรู้

2. คุณลักษณะทางด้านจิตพิสัย หมายถึง แรงจูงใจหรือทัศนคติที่มีต่อรายวิชา ต่อสภาพแวดล้อมในการเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนเอง

3. คุณภาพของการสอน หมายถึง การวางแผนการสอนหรือจุดมุ่งหมายรายวิชาที่ผู้สอนได้วางแผน รวมถึงการให้คำปรึกษา แรงเสริมจากผู้สอน และวิธีการสอนที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมหรือสามารถแสดงความคิดเห็นได้

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนี้

1. ด้านพื้นความรู้เดิมของผู้เรียน เช่น ความรู้เดิมเกี่ยวกับรายวิชา คะแนนสอบจบของการศึกษาในอดีต เป็นต้น

2. ด้านสถานภาพทั่วไปของนักศึกษา เช่น คุณลักษณะของนักศึกษา ฐานะเศรษฐกิจและสังคมของครอบครัวของนักศึกษา เป็นต้น

3. เจตคติของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนการสอน

4. เจตคติของนักศึกษาที่มีต่อรายวิชา

5. ด้านลักษณะกิจกรรมนอกชั้นเรียนของนักศึกษา

6. ด้านพฤติกรรมการสอนของผู้สอนตามการรับรู้ของผู้เรียน เช่น การชี้แนะ การมีส่วนร่วม การชมเชย หรือให้รางวัล และการมอบหมายงานให้นักศึกษาทำ เป็นต้น

2.6.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บลูม (Bloom, 1982) เป็นนักการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องของการจัดการเรียนการสอน ผลงานทางด้านการศึกษาที่นำมาใช้เป็นแนวปฏิบัติ โดยทั่วไปในการจัดการศึกษาทุกระดับคือ เรื่องของจุดประสงค์ทางการศึกษาและกลวิธีการเรียนรู้โดยต้องคำนึงถึงธรรมชาติของนักเรียน ซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญที่นำมาสู่กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่มีชื่อว่า การเรียนเพื่อรอบรู้ (Mastery Learning)

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวคิดของ Bloom (Anderson's Taxonomy. 2001) มี 6 ระดับ ดังนี้

1. จำ (Remember) หมายถึง การดึงข้อมูลจากหน่วยความจาการระลึกได้ การจำความรู้จากหน่วยความจำการจำเกิดขึ้นเมื่อหน่วยความจำถูกดึงมาผลิตคำนิยาม ข้อเท็จจริง หรือข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ในความทรงจำ

2. การเข้าใจ (Understanding) หมายถึง การสร้างความหมายจากรูปแบบต่าง ๆ โดยสามารถเขียนหรือวาดรูปกราฟสื่อถึงการตีความ การยกตัวอย่าง การจัดจำแนก การสรุปความ การเปรียบเทียบ และการอธิบายได้

3. ประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง การดึงหรือการใช้วิธีการโดยผ่านการประมวลผลการประยุกต์ใช้เกี่ยวข้องและอ้างอิงถึงสภาพการณ์ที่ข้อมูลถูกนำออกมาใช้ได้ผลผลิต เช่น รูปแบบการนำเสนอผลงาน

4. วิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง แยกแยะข้อมูลหรือความคิดควบยอดออกเป็นส่วน ๆ แล้วพิจารณาว่ามีส่วนใดสัมพันธ์กันหรือเกี่ยวข้องกันด้วยโครงสร้างหรือด้วยจุดประสงค์เดียวกัน สมองจะดำเนินการแยกแยะ จัดระบบและแยกเป็นส่วน ๆ รวมทั้งสามารถแยกความแตกต่างระหว่างองค์ประกอบได้ เมื่อผู้เรียนสามารถวิเคราะห์เขาจะแสดงการทำงานของสมองโดยการสร้างความคิดที่แยกแยะประเด็นสำรวจแล้วแสดงเป็น ผังภาพ แผนภูมิ หรือแผนผัง

5. ประเมิน (Evaluating) หมายถึง การตัดสินใจภายใต้เกณฑ์และมาตรฐานผ่านการตรวจสอบและผลผลิตที่สามารถแสดงกระบวนการของการประเมินขั้นประเมินนี้มาก่อนขั้นคิดสร้างสรรค์

6. คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง เป็นการนำเอาความรู้ที่มีอยู่มาเชื่อมโยงกัน และจัดระบบใหม่ไปสู่รูปแบบหรือโครงสร้างจนก่อกำเนิดผลผลิต การคิดสร้างสรรค์ต้องการการนำส่วนต่าง ๆ ของความรู้มารวมเข้าด้วยกันเป็นวิธีการใหม่หรือสิ่งใหม่ กระบวนการสมองจะทำงานยากที่สุด

วิลสัน (Wilson, 1971, p. 643-696) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้น หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญา (Cognitive Domain) ในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ทางพุทธิพิสัย ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาโดยอ้างอิงลำดับชั้นของพฤติกรรมพุทธิพิสัย ตามกรอบแนวคิดของบลูม (Bloom's Taxonomy) ไว้เป็น 4 ระดับ คือ

1. ความรู้ความจาด้านการคิดคำนวณ (Computation) พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำที่สุด แบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นดังนี้

1.1 ความรู้ความจาเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specific facts) คำถามที่วัดความสามารถในระดับเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ตลอดจนความรู้พื้นฐานซึ่งนักเรียนได้สั่งสมมาเป็นระยะเวลานานแล้วด้วย

1.2 ความรู้ความจาเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of terminology) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจาศัพท์และนิยามต่าง ๆ ได้ โดยคำถามอาจจะถามโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้ แต่ไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณ

1.3 ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to carry Out Algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยาม และกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว ข้อสอบวัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็นโจทย์ง่าย ๆ คล้ายคลึงกับตัวอย่าง นักเรียนไม่ต้องพบกับความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกใช้กระบวนการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ความจาเกี่ยวกับการคิดคำนวณแต่ซับซ้อนกว่าแบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ (Knowledge of Concepts) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ความจาเกี่ยวกับข้อเท็จจริง เพราะมโนคติเป็นนามธรรม ซึ่งประมวลจากข้อเท็จจริงต่าง ๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความหรือยกตัวอย่างใหม่ ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียน

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์ และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไป (Knowledge of Principles, Rules and Generalizations) เป็นความสามารถในการนำเอกหลักการ กฎ และความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหา จนได้แนวทางในการแก้ปัญหาได้ ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการและกฎ ที่นักเรียนเพิ่งเคยพบเป็นครั้งแรกอาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับการวิเคราะห์ก็ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Knowledge of Mathematical Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมระดับนี้เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับคุณสมบัติของระบบจำนวนและโครงสร้างทางพีชคณิต

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหา จากแบบหนึ่งเป็นอีกแบบหนึ่ง (Ability to Transform Problem From One Mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลข้อความที่กำหนดให้เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลจากภาษาพูดให้เป็นสมการซึ่งมีความหมายคงเดิม โดยไม่รวมถึงกระบวนการคิดคำนวณ (Algorithms) หลังจากแปลแล้วอาจกล่าวได้ว่าเป็นพฤติกรรมที่ง่ายที่สุดของพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

2.5 ความสามารถในการติดตามแนวของเหตุผล (Ability to Follow A Line of Reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแตกต่างไปจากความสามารถในการอ่านทั่ว ๆ ไป

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Ability to Read and Interpret a Problem) ข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นนี้อาจดัดแปลงมาจากข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นอื่น ๆ โดยให้นักเรียนอ่านและตีความโจทย์ปัญหาซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของข้อความตัวเลข ข้อมูลทางสถิติหรือกราฟ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการติดสินใจแก้ปัญ หาที่นักเรียนคุ้นเคย เพราะคล้ายกับปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ในระหว่างเรียนหรือแบบฝึกหัดที่นักเรียนเลือกกระบวนการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้โดยไม่ยาก พฤติกรรมในระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้น คือ

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่ประสบอยู่ในระหว่างเรียน (Ability to Solve Routine Problems) นักเรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจและเลือกกระบวนการแก้ปัญหาจนได้คำตอบออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Make Comparisons) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใน ซึ่งในการแก้ปัญหาขั้นนี้ อาจต้องใช้วิธีการคิดคำนวณและจาเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to Analyze Data) เป็นความสามารถในการติดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้องอาศัยการแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง พิจารณาว่าอะไรคือข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม มีปัญหาอื่นใดบ้าง ที่อาจเป็นตัวอย่างในการหาคำตอบของปัญหาที่กาลังประสบอยู่หรือ

ต้องแยกโจทย์ปัญหาออกพิจารณาเป็นส่วน ๆ มีการตัดสินใจหลายครั้งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและการสมมาตร (Ability to Recognize Patterns, Isomorphism's, and Symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การระลึกถึงข้อมูลที่กำหนดให้ การเปลี่ยนรูปปัญหาการจัดกระทำกับข้อมูล และการระลึกถึงความสัมพันธ์ นักเรียนต้องสำรวจหาสิ่งที่คุ้นเคยกันจากข้อมูลหรือสิ่งที่กำหนดจากโจทย์ปัญหาให้พบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทาแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่ก็อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิชาที่เรียน การแก้ปัญหาโจทย์ดังกล่าว ต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนมารวมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกันเพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพสมองระดับสูง แบ่งเป็น 5 ขั้น คือ

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยประสบมาก่อน (Ability to Solve No routine Problems) คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อน ไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่างไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกับความเข้าใจ มโนคติ นิยาม ตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2 ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่ แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแทนการจาความสัมพันธ์เดิมที่เคยพบแล้วมาใช้กับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

4.3 สามารถในการพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) เป็นความสามารถในการพิสูจน์โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนจะต้องอาศัยนิยาม ทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้วมาช่วยในการแก้ปัญหา

4.4 ความสามารถในการวิจารณ์การพิสูจน์ (Ability to Criticize Proofs) ความสามารถในขั้นนี้เป็นการใช้เหตุผลที่ควบคู่กับความสามารถในการเขียนพิสูจน์ แต่ความสามารถในการวิจารณ์เป็นพฤติกรรมที่ยุ่งยากซับซ้อนกว่า ความสามารถในขั้นนี้ต้องให้นักเรียนมองเห็นและเข้าใจการพิสูจน์ว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดไปจากมโนคติ หลักการ กฎ นิยาม หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์

4.5 ความสามารถเกี่ยวกับการสร้างสูตรและทดสอบความถูกต้องของสูตร (Ability to Formulate and Validate Generalizations) นักเรียนสามารถสร้างสูตรขึ้นมาใหม่ โดยให้สัมพันธ์

กับเรื่องเดิมและสมเหตุสมผลด้วยคือ การจะถามให้หาและพิสูจน์ประโยคทางคณิตศาสตร์หรืออาจถามให้นักเรียนสร้างขบวนการคิดคำนวณใหม่พร้อมทั้งแสดงการใช้ขบวนการนั้น

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ การวัดความสามารถของนักเรียนในด้านความรู้ความเข้าใจ ที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านการเรียนรู้ ประเมินโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการวิจัยนี้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ 1) ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ และ 4) การวิเคราะห์

2.6.4 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชวาล แพรัตกุล (2546, น. 113) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามหน้าที่หรือการนำไปใช้วัดเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้าง (Teacher Made Test) หมายถึง ข้อสอบ หรือปัญหาหรือโจทย์คำถามต่าง ๆ ที่ครูสร้างขึ้นเพื่อวัดผลขณะที่มีการเรียนการสอน และสามารถพลิกแพลงให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ต่าง ๆ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardize Test) เป็นแบบทดสอบที่วิวัฒนาการมาจากแบบทดสอบที่ครูสร้าง และได้ผ่านการทดลองใช้ตรวจสอบวิจัย ปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นจนมีความเป็นมาตรฐาน ทั้งในแง่เวลาที่ใช้ การดำเนินการสอบ การให้คะแนนและการแปลความ แบบทดสอบทั้งฉบับนี้ แบ่งตามลักษณะข้อสอบได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.1 แบบอัตนัย (Subjective Test หรือ Essay Test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดปัญหาหรือคำถามให้ และให้ผู้ตอบแสวงหาความรู้ ความเข้าใจ และความคิดตามที่โจทย์กำหนดภายในระยะเวลาที่กำหนด การใช้ภาษาในการเขียนตอบขึ้นอยู่กับตัวผู้สอบ แบบทดสอบนี้สามารถวัดได้หลาย ๆ ด้านในแต่ละข้อ เช่น ความสามารถในด้านการใช้ภาษา ความคิด เจตคติ และอื่น ๆ

2.2 แบบปรนัย (Objective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มีคำตอบไว้ให้แล้วผู้สอบต้องตัดสินใจเลือกข้อที่ต้องการหรือพิจารณาข้อความที่ให้ว่าถูกหรือผิด ได้แก่ แบบถูกผิดแบบเติมคำ หรือตอบสั้นๆ และแบบเลือกตอบ

จากการศึกษาพบว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีทั้งแบบทดสอบแบบอัตนัยและแบบปรนัย ทั้งสองแบบมีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกัน และไม่มีกฎตายตัวว่าต้องใช้ประเภทใด แต่ควรคำนึงถึงจุดประสงค์และสภาพการณ์ของการใช้ ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ 1) ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ และ 4) การวิเคราะห์ ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.7 ความพึงพอใจ

2.7.1 ความหมายของความพึงพอใจในการเรียนรู้

ความหมายของความพึงพอใจ ความพึงพอใจตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “Satisfaction” เป็นความรู้สึกหรือความคิดเห็นไม่ว่าจะเป็นทางบวกหรือลบ ซึ่งเป็นผลจากประสบการณ์ ความเชื่อ ได้มีผู้ให้ความหมายของความพึงพอใจ ไว้ดังนี้

มอส (Morse, 1958, p. 19) กล่าวว่า ความพึงพอใจหมายถึงสภาวะจิตที่ปราศจากความเครียด ทั้งนี้เพราะธรรมชาติของมนุษย์มีความต้องการถ้าความต้องการได้รับการตอบสนองทั้งหมดหรือ บางส่วน ความเครียดก็จะน้อยลง ความพึงพอใจก็จะเกิดขึ้นและในทางกลับกันถ้าความต้องการนั้น ไม่ได้รับการตอบสนอง ความเครียดและความไม่พึงพอใจก็จะเกิดขึ้น

วรูม (Vroom, 1964, p. 8) กล่าวว่าความพึงพอใจ หมายถึงผลที่ได้จากกาที่บุคคลเข้าไปมีส่วนร่วมในสิ่งนั้นทัศนคติด้านบวกจะแสดงให้เป็นสภาพความพึงพอใจในสิ่งนั้นและทัศนคติด้านลบจะแสดงให้เห็นสภาพความไม่พึงพอใจนั่นเอง

เชลลี่ และ เมนาร์ด ดับบริล (Shelly, Maynard W, 1971, p. 9) ได้ศึกษา แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจซึ่งสรุปได้ว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือความรู้สึกในทางบวก และความรู้สึกในทางลบ ความรู้สึกในทางบวกเป็นความรู้สึกที่เมื่อเกิดขึ้นแล้วทำให้เกิดความสุข ความสุขนี้เป็นความสุขที่แตกต่างจากความรู้สึกทางบวกอื่น ๆ กล่าวคือเป็นความรู้สึกที่มีระบบย้อนกลับความสุขสามารถทำให้เกิดความสุขหรือความรู้สึกทางบวกอื่น ๆ ความรู้สึกทางลบความรู้สึกทางบวกและความรู้สึกที่มีความสัมพันธ์กันอย่างสลับซับซ้อนและระบบความสัมพันธ์ของความรู้สึกทั้ง 3 เรียกว่า ระบบความพึงพอใจ

กู๊ด (Good, 1973, p. 320) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง สภาพ คุณภาพ หรือระดับความพึงพอใจซึ่งเป็นผลมาจากความสนใจต่าง ๆ และทัศนคติที่บุคคลมีต่อสิ่งนั้น ๆ

สมศักดิ์ คงเที่ยง และ อัญชลี โพธิ์ทอง (2542, น. 28-29) กล่าวว่าความพึงพอใจเป็นผลรวมของความรู้สึกของบุคคลเกี่ยวกับระดับความชอบหรือไม่ชอบต่อสภาพต่าง ๆ เป็นผลของทัศนคติ ที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่าง ๆ ความพึงพอใจในการทำงานเป็นผลมาจากการปฏิบัติงานที่ดีและสำเร็จจนเกิดเป็นความภูมิใจ และได้ผลตอบแทนในรูปแบบต่าง ๆ ตามที่หวังไว้

อัญจนา วัจนะสวัสดิ์ (2544, น. 23) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย หรือ เป็นความรู้สึกขั้นสุดท้ายที่ได้รับผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์

อุทัยพรรณ สุดใจ (2544, น. 7) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยอาจจะเป็นไปในเชิงประเมินค่าว่าความรู้สึกหรือทัศนคติต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดนั้นเป็นไปในทางบวกหรือทางลบ อย่างไรก็ดีความพึงพอใจของแต่ละบุคคลไม่มีวัน

สิ้นสุด เปลี่ยนแปลงได้เสมอตามกาลเวลาและสภาพแวดล้อม บุคคลจึงมีโอกาสที่จะไม่พึงพอใจในสิ่งที่เคยพึงพอใจมาแล้ว ซึ่งทำให้บุคคลแสดงออกในรูปของระดับความรู้สึกที่ชอบมากชอบน้อย คือ พอใจต่อสิ่งนั้นมากหรือพอใจในสิ่งนั้นน้อย

ราชบัณฑิตยสถาน (2546, น. 775) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจ หมายถึง พอใจ ชอบใจ

ซึ่งสรุปได้ว่า ความพึงพอใจในการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้สึกที่ดีของนักเรียนที่มีต่อการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนอย่างมีความสุข ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะทำให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้ จึงถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่ง ซึ่งอาจส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

2.7.2 องค์ประกอบที่ทำให้เกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้

นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้ ดังนี้

แครธวูล และคณะ (Krathwohl et, al, 1964, p. 95) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นภาวะทางอารมณ์ของบุคลที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติในสิ่งที่สนใจส่งผลให้เกิดความพึงพอใจเป็นผลที่เกิดขึ้นหลังจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ อาจแสดงในรูปของความสนุกสนาน และความยินดี

วรูม (Vroom, 1964, p. 90) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบในแต่ละด้านที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจ ดังนี้

1) องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective component) เป็นลักษณะของความรู้สึกหรืออารมณ์ของบุคคล องค์ประกอบทางความรู้สึกนี้มี 2 ลักษณะคือ ความรู้สึก ทางบวก ได้แก่ ชอบ พอใจ เป็นใจ และความรู้สึกทางลบ ได้แก่ ไม่ชอบ ไม่พอใจ กลัว รังเกียจ

2) องค์ประกอบด้านความคิด (Cognitive component) สมองของบุคคลรับรู้ และวินิจฉัยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับ เกิดเป็นความรู้ ความคิดเกี่ยวกับวัตถุบุคคลหรือสภาพการณ์ขึ้น องค์ประกอบทางความคิดเกี่ยวข้องกับการพิจารณาที่มาของทัศนคติออกมาว่าถูกหรือผิด ดีหรือไม่ดี

3) องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavioral component) เป็นการที่จะกระทำ หรือพร้อมที่จะตอบสนองต่อที่มาของทัศนคติ

กิติยวดี บุญซื่อและคณะ (2540, น. 11-25) พบว่า องค์ประกอบที่ช่วยให้การเรียนรู้ของเด็ก ๆ ดำเนินไปอย่างมีความสุข ประกอบด้วยแนวคิดสำคัญ 6 ประการ คือ

1) เด็กแต่ละคนได้รับการยอมรับว่าเป็นมนุษย์คนหนึ่งที่มีหัวใจ และสมองเด็กเหล่านี้ควรจะมีสิทธิ์ที่จะเป็นตัวของตัวของเขาเองที่ไม่เหมือนใคร มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว มีความคิดมีความสนใจ ในสิ่งต่าง ๆ มีความรู้สึก รัก โกรธ เสียใจ หรือดีใจ เช่นเดียวกับผู้ใหญ่ มีความสามารถ

เฉพาะตัว มีจุดเด่น จุดด้อย ที่แตกต่างไปจากคนอื่น มีสิทธิ์ได้รับการปฏิบัติจากผู้ใหญ่อย่างมนุษย์คนหนึ่ง ที่สำคัญที่สุดคือ เด็กไม่ใช่ทาสรองรับอารมณ์ของใคร เขาควรจะได้มีโอกาสเลือกอนาคตของเขาเอง ผู้ใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นพ่อ แม่ ครู หรือวงศาคณาญาติ ควรจะเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษาไม่ใช่ผู้ออกคำสั่งและให้คำแนะนำ ไม่ใช่บงการการตัดสินใจเลือกการเรียนเพื่อดำเนินชีวิตของเขา ควรจะเป็นสิทธิ โดยชอบธรรมของเขา เมื่อเด็กแต่ละคนได้รับการยอมรับว่าเป็นมนุษย์คนหนึ่งที่มีหัวใจและสมองเพียงแต่อ่อนเยาว์กว่าผู้ใหญ่ทั้งหลาย เขาย่อมต้องการที่จะมีความสุขในชีวิต ความต้องการของเขาอาจเป็นเพียงเรื่องพื้น ๆ ไม่ซับซ้อน เขาต้องการชีวิตที่ร่าเริง สนุกสนาน แจ่มใสต้องการมีจิตใจที่เบิกบาน สดชื่น มีร่างกายแข็งแรง มีพลังทั้งทางกายและใจ ที่จะพัฒนาตัวเองไปสู่ความมีศักยภาพทางการคิดและสติปัญญา มีสุขภาพจิตที่ดี และมีความหวังในชีวิต

2) ครูมีความเมตตา จริงใจ และอ่อนโยนต่อเด็กทุกคนโดยทั่วถึง มีความเข้าใจในทฤษฎีแห่งพัฒนาการตามธรรมชาติของเด็กทุกคน เข้าถึงความรู้สึกละเอียดอ่อน ความคิดอันไร้ขอบเขตและความฝันอันกว้างไกลของเด็กแต่และคน และเปิดโอกาสให้เขาได้สานความฝันและดำเนินไปตามความฝันนั้นจนบรรลุเป้าหมายของชีวิต ครูควรจะให้ความเอาใจใส่ต่อเด็กทุกคนเท่าเทียมกันไม่เลือกชั้นวรรณะ ไม่เลือกที่รักมักที่ชัง มีความยุติธรรม สม่ำเสมอ มีความยุติธรรมและวางตนเป็นแบบอย่างที่ดี มีอารมณ์มั่นคง สดชื่นแจ่มใส มีสำนึกในการเป็นผู้ให้มีการเตรียมตัวเพื่อการสอน ให้มีคุณภาพอยู่เสมอ มีความเสียสละและอดทน มีความมุ่งมั่นที่จะช่วยเด็กให้รู้จักตัวเอง รู้จักแก้ปัญหาและเรียนรู้ที่จะนำตัวเองไปสู่ความเจริญรุ่งเรืองอย่างมีสติและเพียบพร้อมด้วยคุณธรรม ซึ่งเด็กจะมีความสุขเมื่อได้เรียนกับครูที่เข้าใจเขา ร่วมคิดไปกับเขาและสามารถจูงใจให้เขาตื่นเต้น ไปกับบทเรียนแต่ละบท ให้สนุกกับกิจกรรมแต่ละขั้นตอน ให้เขามีกำลังใจที่จะแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ มีการดูแลกเปลี่ยนกัน และมีความรักต่อสิ่งที่เรียน ต่อเพื่อน ต่อครูและต่อธรรมชาติสิ่งแวดล้อมให้มีความศรัทธาต่อการดำรงชีวิตและให้รู้จักสร้างความหวัง เพื่ออนาคตของตน

3) เด็กเกิดความรัก และภูมิใจในตนเอง รู้จักปรับตัวได้ทุกที่ ทุกเวลา รู้จักตัวเองเห็นคุณค่าของชีวิตและความเป็นมนุษย์ของตน รับรู้ความหมายของการมีชีวิตอยู่ ยอมรับทั้งจุดดีและจุดด้อย ของตนเอง และคิดหาวิธีปรับปรุงแก้ไขเข้าใจธรรมชาติของความเปลี่ยนแปลงและรู้วิธีปรับตนเองให้อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ได้ โดยไม่เสียสุขภาพจิต รู้จักเกรงใจและให้เกียรติผู้อื่น มีเหตุผลและใจกว้างพร้อมที่จะดำเนินชีวิตในบทบาทของผู้ใหญ่ที่มีความรับผิดชอบ

4) เด็กแต่ละคนได้มีโอกาสเลือกเรียนตามความถนัดและความสนใจ เพื่อจะได้ค้นพบความสามารถของตนเองซึ่งซ่อนเร้นรอการพัฒนาอยู่ มีกำลังใจที่จะต่อเติมความฝันของตนให้สมบูรณ์ได้รับรู้ว่าวิทยาการแขนงต่าง ๆ จะเป็นประโยชน์ทั้งนั้น ถ้าเขาใส่ใจ มุ่งมั่น ให้เขาได้มีโอกาสเรียน เพื่อรู้อย่างลึกซึ้งและกว้างไกล (Learn to Know) เรียนให้เข้าใจและทำได้ รู้เคล็ดลับของ

การทำสิ่งต่าง ๆ ให้ประสบผลสำเร็จ (Learn to Do) และเรียนจนรู้จักและเข้าใจวิธีคิดและปฏิบัติของคนในอาชีพนั้น ๆ เสมือนเป็นคนที่อยู่ในอาชีพนั้นจริง ๆ (Learn to Be) ทั้งยังสามารถนำความรู้ที่ได้รับนั้นมาประยุกต์เข้ากับตัวเองได้อย่างกลมกลืนและสร้างสรรค์ เพื่อความสุขของตนเองและคนรอบข้าง

5) บทเรียนสนุก แปลกใหม่ จูงใจให้ติดตามและเร้าใจให้อยากค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเองในสิ่งที่สนใจ รู้จักคิดและพัฒนาความคิดจากความรู้ที่ได้รับ ขยายวงไปสู่ความรู้ใหม่ เกิดความอยากรู้อยากเห็น อยากทดลองเพื่อให้เห็นผลที่สมจริง อยากศึกษาให้ลึกซึ้งเพิ่มเติมเกิดความตื่นเต้นและภาคภูมิใจในข้อค้นพบใหม่ ๆ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ และสามารถถ่ายทอดแนวความคิดเหล่านี้ให้ผู้อื่นทราบด้วยความภาคภูมิใจ รักการเรียน มีระบบในการเรียนและเห็นประโยชน์ของการเรียน ซึ่งไม่ได้ขีดวงจำกัดอยู่แต่ในห้องเรียนแต่อาจสัมพันธ์กับธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม รวมทั้งความเป็นไปในชีวิต และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับวิถีชีวิตในแต่ละท้องถิ่น

6) สิ่งที่เรียนรู้สามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตประจำวัน ไม่จำกัดเฉพาะอยู่ในบทเรียน แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในสภาพความเป็นจริง เกิดประโยชน์และมีความหมายต่อตัวเขา ทั้งยังสามารถพยากรณ์ คาดคะเน หรือตั้งข้อสันนิษฐานต่าง ๆ อันจะนำไปสู่การค้นคว้าเพื่อพิสูจน์ความเป็นจริง รู้จักสืบเสาะหาคำตอบ ข้อสงสัยต่าง ๆ จากแหล่งวิทยาการ รู้จักวิเคราะห์เหตุการณ์หรือสภาพการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล มีความคิดเป็นของตนเอง มีจุดยืนที่แน่นอนและมีความเชื่อมั่นในตนเองพอที่จะไม่ตกเป็นเครื่องมือของใครหรือเป็นเหยื่อคำหลอกลวงจากผู้ที่ไม่ประสงค์ดี รู้วิธีดำเนินชีวิตอย่างมีคุณค่าและสามารถให้ความช่วยเหลือ และแนะนำผู้อื่นได้เมื่อเขาโตขึ้น

ดังนั้นกล่าวได้ว่า ความพึงพอใจในการเรียนรู้ คือ ความรู้สึกที่ดีและมีความสุขของนักเรียน ที่มีต่อการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน ได้แก่ ความรู้สึกที่มีความสุข พึงพอใจ ประทับใจ ชอบใจ ประสบความสำเร็จในการเรียน รักครู รักเพื่อน รักการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังหมายความรวมถึงการมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระที่เรียนด้วย

2.7.3 แบบวัดความพึงพอใจ

สตรอมบอร์ก (Stromborg, 1984, p. 22-30) กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจสามารถกระทำได้หลายวิธี โดยวิธีที่นิยมใช้กัน ได้แก่

1) การใช้แบบสอบถามหรือแบบวัด โดยผู้สอบถามจะออกแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็น ซึ่งสามารถทำได้ในลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ คำถามดังกล่าวอาจถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น การจัดกิจกรรม หรือสื่อการสอน เป็นต้น วิธีนี้เป็นวิธีที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุด มีลักษณะคำถามที่ได้ทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นแล้ว

กลุ่มตัวอย่างเลือกตอบหรือเติมคำข้อดีของวิธีนี้ คือ ได้คำตอบที่มีความหมายแน่นอน มีความสะดวก รวดเร็วในการสำรวจ สามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ แต่ข้อเสีย คือ ผู้ตอบต้องสามารถอ่านออกเขียนได้ และมีความสาสารถในการคิดเป็น ความพึงพอใจเป็นสภาวะที่มีความต่อเนื่อง ไม่สามารถบอกจุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของความพึงพอใจได้ แบบสอบถามถึงนิยมสร้างเป็นแบบมาตรอันดับ

2) การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจทางตรงทางหนึ่ง ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดี ที่จะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงได้ วิธีนี้ผู้ศึกษาจะมีแบบสัมภาษณ์ที่มีคำถามซึ่งได้รับการทดสอบหาความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นแล้ว ทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ข้อดีของวิธีนี้ คือผู้สัมภาษณ์อธิบายคำถามให้ผู้ตอบเข้าใจได้ สามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่อ่านเขียนหนังสือไม่ได้แต่มีข้อเสีย คือ การสัมภาษณ์ต้องใช้เวลามาก และอาจมีข้อผิดพลาดในการสื่อความหมาย

3) การสังเกต เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจโดยสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมายไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูด กิริยาท่าทาง วิธีนี้จะต้องอาศัยการกระทา อย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

บุญชม ศรีสะอาด (2537, น. 151-154) ได้กล่าวถึง การให้นักเรียนเป็นผู้ประเมินการเรียนการสอน อาจกระทำได้ 2 วิธี คือ ให้นักเรียนตอบแบบประเมินผลการสอนที่จัดทำ ไว้อย่างเป็นระบบกับวิธีสัมภาษณ์นักเรียน ซึ่งต้องอาศัยการรับรู้และความคิดเห็นส่วนตัวของนักเรียนแต่ละคน แต่ระบบที่นิยม คือ สร้างเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) มักแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มากปานกลาง น้อย น้อยมาก โดยสิ่งที่ต้องพิจารณา คือ การสร้างข้อความในมาตราส่วนประมาณค่า รูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า และองค์ประกอบของการดำเนินการสอนที่จะประเมินผล ซึ่งต้องพิจารณาให้สอดคล้องกัน

ภณิดา ชัยปัญญา (2541, น. 11) ได้กล่าวไว้ว่า การวัดความพึงพอใจนั้น สามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

1) การใช้แบบสอบถาม โดยผู้ออกแบบสอบถาม ต้องการทราบความคิดเห็นซึ่งสามารถกระทำได้ในลักษณะกำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ คำถามดังกล่าว อาจถามความพอใจในด้านต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ตอบทุกคนมาเป็นแบบแผนเดียวกัน มักใช้ในกรณีที่ต้องการข้อมูลกลุ่มตัวอย่างมาก ๆ วิธีนี้นับเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการวัดทัศนคติ รูปแบบของแบบสอบถามจะใช้มาตรวัดทัศนคติ ซึ่งที่นิยมใช้ในปัจจุบันวิธีหนึ่ง คือ มาตราส่วนแบบลิเคิร์ท ประกอบด้วยข้อความที่แสดงถึงทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้าอย่างใดอย่างหนึ่งที่มีคำตอบที่แสดงถึงระดับความรู้สึก 5 คำตอบ เช่น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

2) การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการที่ผู้วิจัยจะต้องออกไปสอบถามโดยการพูดคุย โดยมีการเตรียมแผนงานล่วงหน้า เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงมากที่สุด

3) การสังเกต เป็นวิธีวัดความพึงพอใจ โดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมายไม่ว่าจะแสงดออกจากการพูดจา กริยา ท่าทาง วิธีนี้ต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน วิธีนี้เป็นวิธีการศึกษาที่เก่าแก่ และยังเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน

สรุปได้ว่าการวัดความพึงพอใจสามารถวัดได้หลายวิธี การสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถามความคิดเห็น การใช้แบบสำรวจความรู้สึก ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบแบบสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนตะโหมด จังหวัดพัทลุง จำนวน 48 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ตามแนวกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และแบบวัดเจตคติต่อการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างโดยการทดสอบค่าที (t-test) ซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์สูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และมีเจตคติต่อการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์หลังการสอนอยู่ในระดับมาก

สุภัทรา ตันติวิทยมาศ (2554) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์กับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย กิจกรรมการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์ และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ทำการทดสอบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า ระยะหลังการ

ทดลอง กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์ และกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัจฉรา ปานรอด (2555) ได้ทำการศึกษาผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนราชินี เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ จำนวน 31 คน และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป จำนวน 31 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เกรึก ศักดิ์สุภาพ (2556) ได้ทำการศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารุในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และกลุ่มควบคุมที่มีการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสอดคล้องกันในทุกองค์ประกอบและมีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 เตรียมความพร้อม (Prepare : P) ขั้นตอนที่ 2 กระตุ้มความสนใจ (Engage : E) ขั้นตอนที่ 3 ค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) และขั้นตอนที่ 4 ประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A)

เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยสุ่มตัวอย่างแบบ Cluster random sampling จำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮล

เลอร์และเฮลเลอร์ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .89 วิเคราะห์ข้อมูลใช้คะแนนเฉลี่ย สถิติการทดสอบที และ 3) แบบทดสอบวัดความสามารถใน

การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ วิเคราะห์ข้อมูลใช้คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน และการทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559) ได้ทำการศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และเปรียบเทียบข้อบกพร่องโดยจำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้นักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 1 ห้องเรียน ได้จำนวน 49 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เนื้อหาฟิสิกส์ที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย 3 เรื่อง คือ ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง และทฤษฎีแม่เหล็ก-ไฟฟ้าเบื้องต้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ค่าร้อยละ การทดสอบค่าที และการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ และขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา

ชานนท์ คำปิวทา (2559) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างข้อโต้แย้ง เรื่อง ระบบย่อยอาหาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย พบว่า ขั้นตอนและวิธีการจัดการเรียนรู้มี 5 ขั้น ประกอบด้วย 1) ขั้นการระบุปัญหาและคำถามสำคัญ 2) ขั้นการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 3) ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง 4) ขั้นการอภิปรายสะท้อนผล และ 5) ขั้นการเขียนข้อสรุป การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างข้อโต้แย้งสามารถช่วยพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

Orhun และ Orhun (2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนเนื่องจากมีความบกพร่องในกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่นักเรียนเกรด 9 จำนวน 97 คน โดยใช้ชุดคำถามวิชาฟิสิกส์จำนวน 10 เรื่อง มาใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 5 ขั้นตอน คือ 1) การเขียนแผนภาพ 2) ตรวจสอบสิ่งที่โจทย์ถาม 3) เขียนสมการเพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 4) การแทนค่าลงในสมการ และ 5) แก้สมการหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า และประเมินความบกพร่องของนักเรียนใน 3 ลักษณะ คือ 1) ความบกพร่องเกี่ยวกับการนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ 2) ความบกพร่องในการแปลงหน่วย และ 3) ความบกพร่องเกี่ยวกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความบกพร่องเกี่ยวกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์มากที่สุด รองลงมาคือ ความบกพร่องในการแปลงหน่วย และความบกพร่องเกี่ยวกับการนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้

Gaigher และ คณะ (2007) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ โดยวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของ Heller Group ซึ่งมี 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการเขียนแผนภาพจากโจทย์ 2) ขั้นแสดงข้อมูลต่างๆ ลงในแผนภาพ 3) ขั้นระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 4) ขั้นวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์ 5) ขั้นการเขียนสมการสำหรับใช้ในการหาคำตอบ 6) ขั้นการแทนค่าตัวแปรเพื่อแก้สมการ และ 7) ขั้นแปลความหมายของคำตอบที่ได้ ผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มทดลองมีนักเรียนที่มีการพัฒนาการของกระบวนการคิดสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเรียนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน สามารถทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนากระบวนการคิดในวิชาฟิสิกส์ได้

Chei-Chang (2008) ได้ทำการศึกษาผลการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนและความสนใจในการเรียน กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียน 2 ห้องเรียน ที่เรียนในหลักสูตรบัญชีชั้นสูงที่โรงเรียนการบริหารของมหาวิทยาลัยในประเทศไต้หวัน จำนวน 124 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบการจัดแผนผังมโนทัศน์ และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Riasat (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้วิธีการแก้ปัญหาในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยคือการตรวจสอบผลของการใช้วิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนเกรด 8 โรงเรียนกลอริวาลาปากีสถาน จำนวน 76 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 38 คน เครื่องมือที่ใช้ในการ

วิจัย คือ แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t - test ผลการวิจัยพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างประสิทธิภาพของวิธีการสอนแบบดั้งเดิมและวิธีการสอนแก้ปัญหา นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการแก้ปัญหาประสบความสำเร็จดีกว่าการสอนโดยวิธีการแบบดั้งเดิม และความแตกต่างระหว่างระดับความสำเร็จเป็นเพราะยุทธวิธีในการแก้ปัญหา ทั้งๆ ที่ทั้งสองกลุ่มมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่เท่าเทียมกัน จากผลการวิจัยที่ได้รับนั้นตั้งข้อสังเกตเห็นว่าการใช้วิธีการแก้ปัญหาช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ ข้อเสนอแนะจากการวิจัยคือ ครูควรได้รับการส่งเสริมวิธีการแก้ปัญหาในแนวคิดการเรียนการสอนทางคณิตศาสตร์ เช่น เซตสารสนเทศ และรูปทรงเรขาคณิต ฯลฯ ควรมีการฝึกอบรมการประชุมเชิงปฏิบัติการและการสัมมนาอย่างสม่ำเสมอสำหรับครูผู้สอนเพื่อให้พวกเขามีความรู้และความเข้าใจในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่า กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะ และการใช้แผนผังมโนทัศน์นั้น ช่วยเพิ่มทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน อีกทั้งยังทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในครั้งนี้

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 รูปแบบการวิจัย

3.5 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 3 ห้องเรียน รวม 119 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 37 คน ซึ่งแต่ละห้องการจัดการเรียนเป็นแบบคละความสามารถและนักเรียนมีความสามารถใกล้เคียงกัน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ จำนวน 6 สัปดาห์ รวม 18 คาบ คาบละ 50 นาที แบ่งเป็น 7 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

3.2.2.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้เป็น 4 ด้าน คือ

1) ความจำ

2) ความเข้าใจ

3) ประยุกต์ใช้

4) วิเคราะห์

3.2.2.2 แบบวัดทักษะการให้เหตุผล เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 2 สถานการณ์โจทย์รวม 6 ข้อ และแบบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) จำนวน 2 สถานการณ์โจทย์รวม 6 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยพิจารณาทักษะการให้เหตุผล ทั้งหมด 3 ประเด็น คือ

1) การตีความ แปลความหลักฐานและลงข้อสรุป

2) การให้เหตุผล สนับสนุน หรือคัดค้านข้อตกลงเบื้องต้นที่นำไปสู่ข้อสรุป

3) สื่อสารข้อสรุปและบอกหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุป

3.2.2.3 แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 2 สถานการณ์โจทย์รวม 10 ข้อ และแบบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) จำนวน 2 สถานการณ์โจทย์รวม 22 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยพิจารณาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทั้งหมด 6 ประเด็น คือ

1) ค้นหาจุดมุ่งหมายของโจทย์ปัญหา

2) วิเคราะห์และแปลความหมายของโจทย์ปัญหา

3) วางแผนและเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหา

4) สร้างแผนผังมโนทัศน์จากโจทย์ปัญหา

5) ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาและปฏิบัติตามแผน

6) ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ

3.2.2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) จำนวน 20 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกำหนดความพึงพอใจเป็น 2 ด้าน คือ

1) ด้านเนื้อหา

2) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

3.3.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์

3.3.1.2 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

3.3.1.3 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ จำนวน 6 สัปดาห์ รวม 18 คาบ คาบละ 50 นาที แบ่งเป็น 7 แผนการจัดการเรียนรู้ คือ

- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม จำนวน 2 คาบ
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม จำนวน 3 คาบ
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดลและแรงดล จำนวน 3 คาบ
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ จำนวน 3 คาบ
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนในสองมิติ จำนวน 2 คาบ
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การระเบิด จำนวน 2 คาบ
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง โมเมนตัมและพลังงาน จำนวน 3 คาบ

3.3.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม จากนั้นดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.3.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้องของแผนการสอน ด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ใช้การเลือกแบบเจาะจง ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ 5 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา
2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา
3) ขั้นสร้างแผนผังมโนทัศน์

4) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

5) ขั้นตรวจสอบคำตอบ

จากผลการประเมินพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67-1.00 (ภาคผนวก ง หน้า 170-176) สูงกว่าระดับความสอดคล้องที่กำหนดว่ายอมรับได้ จากนั้นดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.3.1.6 นำแผนการจัดเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.3.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์

3.3.2.2 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบทดสอบปรนัย

3.3.2.3 วิเคราะห์เนื้อหาสาระ ตัวชี้วัด และจุดประสงค์การเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของเนื้อหาและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

3.3.2.4 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

3.3.2.5 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม จากนั้นดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแบบตามคำแนะนำ

3.3.2.6 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ใช้การเลือกแบบเจาะจง ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเนื้อหาของแบบทดสอบ จากนั้นนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) พบว่าผลการประเมินแบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67-1.00 จำนวน 29 ข้อ (ภาคผนวก ง หน้า 177-178) สูงกว่าระดับความสอดคล้องที่กำหนดว่ายอมรับได้ จากนั้นดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.3.2.7 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 21 ที่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 มาแล้ว

3.3.2.8 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาวิเคราะห์รายข้อ เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งกำหนดค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ได้ข้อสอบที่ใช้ได้ จำนวน 20 ข้อ จากนั้นนำ

แบบทดสอบไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, น. 200-201) พบว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น 0.78 (ภาคผนวก ง หน้า 183-184)

3.3.2.9 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่พัฒนาคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 20 ข้อ แบ่งตามพฤติกรรมการเรียนรู้เป็น 4 ด้าน คือ 1) ความจำ จำนวน 5 ข้อ 2) ความเข้าใจ จำนวน 2 ข้อ 3) วิเคราะห์ จำนวน 5 ข้อ และ 4) ประยุกต์ใช้ จำนวน 8 ข้อ ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการทดสอบนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบชุดเดียวกัน

3.3.3 แบบวัดทักษะการให้เหตุผล

3.3.3.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการพัฒนาทักษะการให้เหตุผล

3.3.3.2 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินทักษะการให้เหตุผล

3.3.3.3 กำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์วิชาฟิสิกส์ ในด้านทักษะการให้เหตุผล และนำมากำหนดเป็นเกณฑ์การประเมิน

3.3.3.4 สร้างแบบวัดทักษะการให้เหตุผล เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 2 สถานการณ์โจทย์รวม 6 ข้อ และแบบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) จำนวน 2 สถานการณ์โจทย์รวม 6 ข้อ โดยพิจารณาทักษะการให้เหตุผล ทั้งหมด 3 ประเด็น คือ

1) การตีความ แปลความหลักฐานและลงข้อสรุป
2) การให้เหตุผล สนับสนุน หรือคัดค้านข้อตกลงเบื้องต้นที่นำไปสู่ข้อสรุป
3) สื่อสารข้อสรุปและบอกหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุป

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ

1) แบบทดสอบปรนัย

ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

2) แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ)

จะให้คะแนนเป็น 3 ระดับ คือ 0 คะแนน เมื่อนักเรียนไม่สามารถตอบได้ถูกต้องหรือไม่เขียนตอบ 1 คะแนน เมื่อนักเรียนตอบได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจน และ 2 คะแนน เมื่อนักเรียนตอบได้ถูกต้องและชัดเจน

3.3.3.5 นำแบบวัดทักษะการให้เหตุผล เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม จากนั้นดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแบบตามคำแนะนำ

3.3.3.6 นำแบบวัดทักษะการให้เหตุผล เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ใช้การเลือกแบบเจาะจง ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากนั้นนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) พบว่าผลการประเมินแบบทดสอบ ข้อสอบปรนัยมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกรายการประเมิน และ ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกรายการประเมิน (ภาคผนวก ง หน้า 178-179) สูงกว่าระดับความสอดคล้องที่กำหนดว่ายอมรับได้ จากนั้นดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.3.3.7 นำแบบวัดทักษะการให้เหตุผล ที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 21 ที่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 มาแล้ว

3.3.3.8 นำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบวัดมาวิเคราะห์รายข้อ เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งกำหนดค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ได้แบบทดสอบปรนัยที่ใช้ได้จำนวน 6 ข้อ และแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) ที่ใช้ได้จำนวน 6 ข้อ จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ดังนี้

1) แบบทดสอบปรนัย นำคำถามที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Reliability) โดยใช้วิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน จากสูตร (KR-20) (ล้วน สายยศและ อังคณา สายยศ, 2538, น. 200-201) พบว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น 0.71 (ภาคผนวก ง หน้า 185)

2) แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) นำคำถามที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Reliability) โดยใช้วิธีหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของเพียร์สัน (Pearson) พบว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น 0.95 (ภาคผนวก ง หน้า 186)

3.3.3.9 นำแบบวัดทักษะการให้เหตุผล ที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการวัดทักษะการให้เหตุผลนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบวัดชุดเดียวกัน

3.3.4 แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3.3.4.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบสอบถามวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3.3.4.2 สร้างนิยามพฤติกรรมที่บ่งบอกการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

3.3.4.3 สร้างแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 2 สถานการณ์โจทย์รวม 10 ข้อ และแบบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) จำนวน 2 สถานการณ์โจทย์รวม 22 ข้อ โดยพิจารณาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทั้งหมด 6 ประเด็น คือ

1) ค้นหาจุดมุ่งหมายของโจทย์ปัญหา
2) วิเคราะห์และแปลความหมายของโจทย์ปัญหา
3) วางแผนและเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหา
4) สร้างแผนผังมโนทัศน์จากโจทย์ปัญหา
5) ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาและปฏิบัติตามแผน และ
6) ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ

1) แบบทดสอบปรนัย
ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน
2) แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ)
จะให้คะแนนเป็น 3 ระดับ คือ 0 คะแนน เมื่อนักเรียนไม่สามารถตอบได้ถูกต้องหรือไม่เขียนตอบ 1 คะแนน เมื่อนักเรียนตอบได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนหรือไม่ชัดเจน และ 2 คะแนน เมื่อนักเรียนตอบได้ถูกต้องและชัดเจน

3.3.4.4 นำแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม จากนั้นดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.3.4.5 นำแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ใช้การเลือกแบบเจาะจง ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากนั้นนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) พบว่าผลการประเมินแบบทดสอบ แบบทดสอบปรนัยมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67-1.00 และ แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกรายการประเมิน (ภาคผนวก ง หน้า 180-181) สูงกว่าระดับความสอดคล้องที่กำหนดว่ายอมรับได้ จากนั้นดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.3.4.6 นำแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try -out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 21 ที่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 มาแล้ว

3.3.4.7 นำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบวัดมาวิเคราะห์รายข้อ เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งกำหนดค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ได้ข้อสอบปรนัยที่ใช้ได้ จำนวน 10 ข้อ และข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) ที่ใช้ได้จำนวน 22 ข้อ จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ดังนี้

1) แบบทดสอบปรนัย นำคำถามที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Reliability) โดยใช้วิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน จากสูตร (KR-20) (ล้วน สายยศและ อังคณา สายยศ, 2538, น. 200-201) พบว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น 0.69 (ภาคผนวก ง หน้า 187)

2) แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) นำคำถามที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Reliability) โดยใช้วิธีหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของเพียร์สัน (Pearson) พบว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น 0.92 (ภาคผนวก ง หน้า 188)

3.3.4.8 นำแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่พัฒนาคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบวัดชุดเดียวกัน

3.3.5. แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

3.3.5.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

3.3.5.2 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) (Likert, 1967, p. 90-95) จำนวน 20 ข้อ มีรายละเอียดของเกณฑ์และการแปลผลดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น.100)

ระดับ 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด
ระดับ 4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
ระดับ 3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
ระดับ 1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

โดยกำหนดความพึงพอใจเป็น 2 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหา และ2) ด้านกิจกรรมการเรียนการรู้

3.3.5.3 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม จากนั้นดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.3.5.4 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ใช้การเลือกแบบเจาะจง ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากนั้นนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) พบว่าผลการประเมินมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67-1.00 (ภาคผนวก ง หน้า 182-183) สูงกว่าระดับความสอดคล้องที่กำหนดว่ายอมรับได้ จากนั้นดำเนินการแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.3.5.5 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ไปทดลองใช้ (Try -out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 21 ที่เคยเรียนวิชาฟิสิกส์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 มาแล้ว จากนั้นนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coeffcient) ของครอนบาค (Cronbach) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, น. 200-201) พบว่าแบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่น 0.89

3.3.5.6 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 20 ข้อ โดยกำหนดความพึงพอใจเป็น 2 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหา จำนวน 10 ข้อ และ 2) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 10 ข้อ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการสอบถามความพึงพอใจนักเรียนหลังเรียน

3.4 รูปแบบการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแบบแผนการวิจัยแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียว One-Group Pretest-Posttest Design (ล้วน สายยศ และอังคนา สายยศ, 2538, น. 247) แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อน	ดำเนินการ	สอบหลัง
E	T_1	X	T_1

E แทน กลุ่มตัวอย่าง

T_1 แทน การสอบก่อนเรียน

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

T_2 แทน การสอบหลังเรียน

3.5 ดำเนินงานวิจัย

3.5.1 ผู้วิจัยทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการให้เหตุผล และแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ใช้เวลาทั้งสิ้น 2 คาบ

3.5.2 ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ใช้เวลาทั้งสิ้น 18 คาบ

3.5.3 ผู้วิจัยทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการให้เหตุผล และแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ฉบับเดิม ใช้เวลาทั้งสิ้น 2 คาบ และตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

3.5.4 นำคะแนนที่รวบรวมได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการให้เหตุผล แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการให้เหตุผล แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยการ

3.6.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample)

3.6.2 เปรียบเทียบทักษะการให้เหตุผลก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample)

3.6.3 เปรียบเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample)

3.6.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของเพียร์สัน (Pearson)

3.6.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของเพียร์สัน (Pearson)

3.6.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของเพียร์สัน (Pearson)

ซึ่งค่าสหสัมพันธ์ (r) มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 ค่าลบแสดงความสัมพันธ์ทางลบหรือตรงกันข้าม ค่าบวกแสดงความสัมพันธ์ทางบวกหรือทิศทางเดียวกัน ในงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์ในการพิจารณาความสัมพันธ์ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) (ฮินเกอร์, Hinkle D. E., 1998, p. 118) ดังนี้

0.90 – 1.00	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก
0.70 – 0.89	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 – 0.69	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 – 0.49	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 – 0.29	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

3.6.7 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ กับคะแนนเกณฑ์ โดยการทดสอบค่าทางสถิติที (One Sample t-test)

การแปลความหมายของระดับคะแนนได้แปลผลระดับความพึงพอใจของนักเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลคะแนนเป็นตัวชี้วัดตามเกณฑ์ในการวิเคราะห์ตามแนวคิดของเบสท์ (Best W. John, 1997, p. 190) มีรายละเอียดดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00	หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49	หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.7.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ มีดังนี้

1. ค่าร้อยละ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 101)

สูตร $P = \frac{f}{N} \times 100$

เมื่อ P แทน ค่าร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

2. ค่าเฉลี่ย (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550, น. 32)

สูตร $\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2550, น. 55)

สูตร $S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$

เมื่อ $S.D.$ แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดยกกำลังสอง

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของข้อมูลแต่ละตัวยกกำลังสอง

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4. ค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2536, น. 208-209) ใช้สูตร ดังนี้

สูตร $IOC = \frac{\sum R}{N}$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

5. ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2536, น. 209-211) ใช้สูตร ดังนี้

5.1 ค่าความยากง่าย

สูตร $P = \frac{R}{N}$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย

R แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนคนทั้งหมดที่ทำข้อนั้น

5.2 ค่าอำนาจจำแนก

สูตร $D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_U แทน จำนวนคนกลุ่มเก่งที่ตอบข้อนั้นถูก

R_L แทน จำนวนคนกลุ่มอ่อนที่ตอบข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนผู้เรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

6. ค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KR-20) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 85) ดังนี้

สูตร $r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum pq}{s_t^2}\right\}$

เมื่อ n แทน จำนวนข้อ

p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ = $1 - p$

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

7. ค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, น. 200-201) ดังนี้

สูตร $\alpha = \frac{k}{k\text{-}1}\left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right]$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด

k แทน จำนวนข้อคำถาม

s_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ

s_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

8. ค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรการหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของเพียร์สัน (Pearson) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2536, น. 68-73)

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

เมื่อ R_{XY} แทน ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์

N แทน จำนวนนักเรียน

X แทน คะแนนของ X

Y แทน คะแนนของ Y

3.7.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานการวิจัย มีดังนี้

1. เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการให้เหตุผล และทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยใช้สูตร t-test for dependent sample (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, น. 104)

สูตร $$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ

D แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

N แทน จำนวนคู่

df แทน ความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับ $N-1$

2. หาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการให้เหตุผล และทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของเพียร์สัน (Pearson) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2536, น. 68-73)

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

เมื่อ R_{XY} แทน ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์

N แทน จำนวนนักเรียน

X แทน คะแนนของ X

Y แทน คะแนนของ Y

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้สูตร one-sample t-test (สมโภช อเนกสุข, 2555, น. 111)

สูตร $t = \dfrac{\overline{X} - \mu_0}{\dfrac{S}{\sqrt{n}}}$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร หรือ เกณฑ์ที่ตั้งขึ้น

S แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผล และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบทักษะการให้เหตุผลก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

$\overline{X}$	แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน
$S.D.$	แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
$\sum D$	แทน ผลรวมของคะแนนความต่าง
$\sum D^2$	แทน ผลรวมของความแตกต่างยกกำลังสอง
t	แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ
df	แทน ชั้นความเป็นอิสระ
p	แทน ค่าความน่าจะเป็นของผลการทดสอบสมมติฐาน
*	แทน ค่านัยสำคัญทางสถิติ .01

4.2 ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ผู้วิจัยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยทำการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 โดยใช้ค่าที (t - test Dependent Samples) ได้ผลดังตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

คะแนน	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	*S.D.*	$\sum D$	$\sum D^2$	df	t	p
ก่อนเรียน	37	20	5.24	1.95	142	784	36	9.06*	.00
หลังเรียน	37	20	9.08	2.91					

*p < .01

จากตารางที่ 4.1 พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.3 ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบทักษะการให้เหตุผลก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ผู้วิจัยวัดทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนด้วยแบบวัดทักษะการให้เหตุผล เรื่อง โมเมนตัมและการชน แบบทดสอบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อสอบปรนัย เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 6 ข้อ และส่วนที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) จำนวน 6 ข้อ โดยทำการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทำการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 โดยใช้ค่าที (t - test Dependent Samples) ได้ผลดังตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการให้เหตุผลก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

คะแนน	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	*S.D.*	$\sum D$	$\sum D^2$	df	t	p
ก่อนเรียน	37	18	6.32	1.76	155	799	36	12.50*	.00
หลังเรียน	37	18	10.51	2.24					

*p < .01

จากตารางที่ 4.2 พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ นักเรียนมีคะแนนทักษะการให้เหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.4 ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ผู้วิจัยวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนด้วยแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน แบบทดสอบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อสอบปรนัย เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ และส่วนที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) จำนวน 22 ข้อ โดยทำการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทำการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 โดยใช้ค่าที (t - test Dependent Samples) ได้ผลดังตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

คะแนน	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	*S.D.*	$\sum D$	$\sum D^2$	df	t	p
ก่อนเรียน	37	54	12.38	3.37	694	15870	36	12.82*	.00
หลังเรียน	37	54	31.14	9.96					

*p < .01

จากตารางที่ 4.3 พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ นักเรียนมีคะแนนทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.5 ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ทำการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 - 6 โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของเพียร์สัน (Pearson) ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ตัวแปร	ทักษะการให้เหตุผล	ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ทักษะการให้เหตุผล	1	.601*	.542*
ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	-	1	.592*
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	-	-	1

*p < .01

จากตารางที่ 4.4 พบว่า

1. ทักษะการให้เหตุผลกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (r = .60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (r = .54) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (r = .59) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.6 ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ผู้วิจัยได้วัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ด้วยแบบวัดความพึงพอใจเป็นคำถามปลายเปิดโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ โดยทำการทดสอบหลังเรียน จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 7 โดยใช้การทดสอบค่าทางสถิติที (One Sample t – test) ได้ผลดังตาราง 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

องค์ประกอบของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในแต่ละด้าน	$\overline{X}$	*S.D.*	ระดับความพึงพอใจ	คะแนนเกณฑ์	t	p
1. ด้านเนื้อหา	4.20	0.44	มาก	3.50	9.66*	.00
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	4.24	0.43	มาก	3.50	10.51*	.00
รวม	4.22	0.40	มาก	3.50	10.95*	.00

*p < .01

จากตารางที่ 4.5 พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการให้เหตุผล ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

5. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

6. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

7. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มีทักษะการให้เหตุผล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มีทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. ทักษะการให้เหตุผลกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

5. ทักษะการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

6. ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

7. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 37 คน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการให้เหตุผล แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ กับกลุ่มตัวอย่าง ก่อนจัดการเรียนรู้ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการให้เหตุผล และแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ จากนั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เป็นเวลา 18 คาบ และทำการทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการให้เหตุผล แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ใช้เวลา 2 คาบ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนทักษะการให้เหตุผล คะแนนทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และคะแนนความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบค่าทีและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม ปรากฏผลดังนี้

5.1.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.1.2 ทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.1.3 ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.1.4 ทักษะการให้เหตุผลมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันทางบวกกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.1.5 ทักษะการให้เหตุผลมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.1.6 ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.1.7 ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์อยู่ในระดับมาก และสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งผลการวิจัยเป็นตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ แสดงว่าเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่จะแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ จนส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller & Heller, 2002) ที่กล่าวว่า การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะ เป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนฝึกการคิดวิเคราะห์

การคิดเชิงเหตุผลของการแก้โจทย์ปัญหาและถือเป็นส่วนสำคัญที่จะเป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ นอกจากนี้ความคิดที่เป็นระบบยังมีส่วนช่วยในการเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้รับ นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ด้วยโดยการสร้างแผนผังมโนทัศน์ สอดคล้องกับ เวสท์ ฟาร์เมอร์ และวอล์ฟ (West, Farmer and Wolff, 1991) ที่กล่าวไว้ว่า แผนผังมโนทัศน์จะเป็นแนวทางที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน ซึ่งทำให้สามารถเข้าใจองค์ความรู้และส่วนสำคัญที่เป็นความหมายเฉพาะได้ชัดเจน และสอดคล้องกับ โนแวก (Novak, 1983) ที่กล่าวไว้ว่า แผนผังมโนทัศน์ถือเป็นเทคนิคที่มีประโยชน์ในการสร้างกระบวนการคิดและลงสรุปความคิดได้ดีจนกลายเป็นรูปแบบที่ได้รับความสนใจในการนำมาใช้เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับผลการวิจัยของเอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558) ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อัจฉรา ปานรอด (2555) ที่พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะสามารถจัดระบบความคิดเพื่อให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนและมีความชัดเจน และการจัดผังมโนทัศน์เป็นตัวช่วยให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งที่ได้เรียนรู้ ซึ่งต้องเข้าใจในความหมายและความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่เขียน ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์จึงเป็นการส่งเสริมการรู้ของนักเรียน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

5.5.2 ทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์พัฒนาทักษะการให้เหตุผลของนักเรียนได้ดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เน้นการฝึกทักษะด้านการคิดให้แก่นักเรียน ซึ่งนักเรียนจะได้ฝึกการตีความ การอ่านเพื่อให้เข้าใจความหมายของสถานการณ์โจทย์ ได้ใช้ความรู้ความสามารถในการแปลความ มีการใช้ข้อมูลในการเชื่อมโยงเหตุและผลของปัญหา และใช้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านข้อตกลงนั้น ๆ และยังมีการแสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่อธิบายไว้ให้เกิดความถูกต้องและสมเหตุสมผล โดยผ่านการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ จนเกิดเป็นทักษะ ซึ่งสอดคล้องกับที่ สเติร์นเบร์ก (Sternberg, 1999)

กล่าวไว้ว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและประเมินการให้เหตุผลของนักเรียน ครูต้องคำนึงถึงกระบวนการทางปัญญา 5 ขั้น คือ การระบุปัญหา การสร้างกลวิธีเพื่อแก้ปัญหา การสร้างมโนภาพจากข้อมูลในปัญหา การวางแผน และการจัดการทรัพยากรเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา และการกำกับและประเมินคำตอบ และสอดคล้องกับ ลฎาภา สุทธกูล และ ลือชา ลดาชาติ (2556) ที่ได้เสนอว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และองค์ประกอบที่จำเป็นที่สุดของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 1) ข้อสรุป 2) หลักฐาน และ 3) การชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน และยังสอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545) ที่ได้เสนอว่าการใช้คำถามยังสามารถส่งเสริมให้ผู้ตอบใช้ความคิดนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาเป็นพื้นฐานสรุปหาคำตอบ ทำให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์และเกิดทักษะในการคิดอย่างมีระบบ นอกจากนี้ยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็น ตลอดจนกระตุ้นให้ได้ลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของเอกพงษ์ ขันทะ (2555) ที่ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นความเข้าใจทางคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มีขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนการใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล มีการตั้งคำถามเพื่อหาคำตอบและอธิบายเหตุผลประกอบของคำตอบนั้น ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการให้เหตุผลสูงขึ้น

5.2.3 ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์พัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนได้ดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยผ่านการจัดการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา คือ ในขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นทำความเข้าใจกับโจทย์ปัญหาเพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้น ในขั้นนี้นักเรียนได้ฝึกทักษะค้นหาจุดมุ่งหมายของโจทย์ปัญหา วิเคราะห์และแปลความหมายของโจทย์ โดยการอ่านตีความ แปลความ ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา เพื่อค้นหาจุดมุ่งหมายของโจทย์ สิ่งที่โจทย์ถามหา สิ่งที่โจทย์กำหนด เงื่อนไขโจทย์ และการวาดภาพประกอบ ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ในขั้นนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ถามและสิ่งที่โจทย์

กำหนดมาให้ในรูปของตัวแปรและสูตรทางฟิสิกส์ นักเรียนได้ฝึกทักษะการวางแผนและเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหา โดยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ จากนั้นใช้หลักการทางฟิสิกส์ กำหนดสูตร สมการ หรือกลวิธีมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ขั้นที่ 3 สร้างแผนผังมโนทัศน์ ในขั้นนี้เป็นการนำข้อมูลจากขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 มาการจัดระบบความคิด นักเรียนได้ฝึกทักษะสร้างแผนผังมโนทัศน์จากโจทย์ปัญหา โดยการจัดกลุ่มคำหรือมโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันให้อยู่ในกลุ่มเกี่ยวกัน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแก้โจทย์ปัญหามากยิ่งขึ้น ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา ในขั้นนี้เป็นการค้นหาคำตอบ นักเรียนได้ฝึกทักษะดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาและปฏิบัติตามแผน โดยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คำนวณและแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบ และ ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ ในขั้นนี้เป็นการตรวจหาความผิดพลาดและความครบถ้วนของคำตอบ นักเรียนได้ฝึกทักษะการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ ว่ามีความถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ สมเหตุสมผลหรือไม่ และหน่วยที่ใช้ถูกต้องหรือไม่ ทั้ง 5 ขั้นตอน ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านสถานการณ์โจทย์ต่าง ๆ ได้ฝึกการอ่านเพื่อค้นหาจุดมุ่งหมายของโจทย์ ได้วิเคราะห์และแปลความหมายของโจทย์ วางแผนและเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหา จัดระบบความคิดโดยการสร้างแผนผังมโนทัศน์ จากนั้นดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา และตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ ปฏิบัติซ้ำ ๆ จนเกิดทักษะและเกิดความชำนาญจนทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองได้ดีในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับที่ สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้กล่าวถึงการพัฒนานักเรียนให้มีทักษะกระบวนการแก้ปัญหาว่าครูจะต้องสร้างพื้นฐานให้นักเรียนเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหา ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา นักเรียนต้องแยกแยะว่าโจทย์กำหนดอะไร การวางแผนแก้ปัญหาซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด นักเรียนต้องอาศัยทักษะในการนำความรู้หลักการ กฎ สูตร หรือทฤษฎีที่เรียนรู้แล้วมาใช้ เช่น การเขียนภาพลายเส้น มาช่วยในการแก้ปัญหา จากนั้นดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ซึ่งอาจใช้ทักษะการคิดคำนวณหรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การพิสูจน์ และการตรวจสอบ ตลอดจนการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ และสอดคล้องกับที่ โปรโตเลสและโรเปส (Portoles & Lopez, 2008) กล่าวว่า ปัจจัย 2 ประการที่ทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ประสบความสำเร็จ ประการแรก คือ นักเรียนต้องรู้เข้าใจแนวคิด ทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์ และประการที่สอง นักเรียนต้องมีกลยุทธ์ในการใช้แนวคิด ทฤษฎี และหลักการทางฟิสิกส์ ในการนำไปใช้แก้ปัญหา สอดคล้องกับผลการวิจัยของพนารัตน์ วัดไทยสง (2554) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งขั้นตอนแก้ปัญหาของโพลยา ถือเป็นกลวิธีที่มีขั้นตอนใน

การแก้โจทย์ปัญหาอย่างชัดเจน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์สูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ซึ่งกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์นั้นมีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างชัดเจนเช่นกัน นอกจากนี้ในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้มีการนำการเขียนแผนผังมโนทัศน์มาใส่ในขั้นที่ 3 ของการจัดการเรียนรู้เพื่อเป็นการประมวลความคิดของนักเรียน และทำให้นักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นละดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มากขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุภัทรา ตันติวิทยมาศ (2554) ได้กล่าวไว้ว่า การได้รับการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์ จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายสามารถพัฒนาระบบกระบวนการคิด ซึ่งถือได้ว่าเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณได้ และผลการวิจัยยังพบว่า ระยะหลังการทดลอง กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์ และกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกใช้แผนผังมโนทัศน์มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มีขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนที่หลายหลาย ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การสร้างแผนผังมโนทัศน์ การดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ซึ่งกระบวนการสำคัญเหล่านี้ล้วนแต่ทำให้ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนสูงขึ้น

5.2.4 ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 – 6 ที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีทักษะการให้เหตุผลจะส่งผลโดยตรงต่อทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และนักเรียนที่มีทักษะการแก้โจทย์ปัญหาจะส่งผลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สอดคล้องกับที่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) ที่กล่าวไว้ว่า การคิดอย่างมีเหตุผลเป็นเครื่องมือสำคัญที่นักเรียนสามารถนำติดตัวไปใช้ในการพัฒนาตนเองในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ในการทำงานและการดำรงชีวิต สอดคล้องกับวิชัย เสวกงาม (2557) ที่กล่าวไว้ว่า การให้เหตุผลเป็นความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลและการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ที่เป็นอิสระจากความรู้เดิมที่ได้มา และเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาองค์ความรู้ ในขณะที่ความสามารถในการให้เหตุผลนี้จะทำหน้าที่เป็นสิ่งที่ช่วยเสริมต่อ

ให้เด็กเกิดความสามารถในด้านอื่น ๆ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ญาณวี ขัดสีทะลี (2557) ที่ได้ทำการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเคดับเบิ้ลยูดีแอล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคคิดเคดับเบิ้ลยูดีแอลด้านทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ใช้เทคนิกตามกรอบคิดของโพลยา พบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับดีมากในขั้นความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา และขั้นดำเนินการตามแผน และด้านทักษะการให้เหตุผลทาคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนสามารถอธิบายให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลประกอบคำตอบอยู่ในระดับดี สอดคล้องกับผลการวิจัยของ มณีรัตน์ พรมศรี (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนเรื่องการประยุกต์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ พบว่า ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และทักษะการให้เหตุผลทางคณิศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชนากานต์ กาหลง (2557) ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยบางประการกับความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม ผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรพยากรณ์ ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทั้ง 6 ตัวแปร กับตัวแปรเกณฑ์ความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั้นก็แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่มีทักษะการให้เหตุผลที่ดีก็จะมีทักษะการแก้โจทย์ปัญหาที่ดีเช่นกัน และจากงานวิจัยของ จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2557) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์คิดเป็นร้อยละ 84.15 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ฤทธิศักดิ์ สดคมขำ (2557) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถการให้เหตุผลทางคณิศาสตร์เรื่องเส้นขนานโดยวิธีการสอนแบบนิรนัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนยอแซฟอุปถัมภ์ พบว่า ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยวิธีการสอนแบบนิรนัยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งสูงกว่า

70 เปอร์เซ็นต์ของคะแนนเต็ม และความสามารถการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยวิธีการสอนแบบนิรนัยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีการพัฒนาจากระดับปานกลางเป็นระดับดี นั้นก็แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่มีทักษะการให้เหตุผลที่ดีก็จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีเช่นกัน นอกจากนี้ งานวิจัยของ สิริเกศ หมัดเจริญ (2554) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน ยังพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องเสียง มีนักเรียนที่ได้คะแนนหลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุดา จันทราช (2559) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศักษาปีที่ 5 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั้นก็แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่มีทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ดีก็จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีเช่นกัน

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ทำให้นักเรียนคิดวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน มีการตีความ และแปลความหมายของโจทย์อย่างละเอียด เพื่อทำให้เข้าใจปัญหาได้อย่างชัดเจน มีการอธิบายถึงหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหา วางแผนแก้ปัญหาและหาวิธีแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม เพื่อหาข้อสรุปของคำตอบ พร้อมทั้งการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ทำให้นักเรียนมีทักษะการให้เหตุผล ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และมีความสามารถในการค้นหาคำตอบมากขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นเช่นกัน และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

5.2.5 ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์อยู่ในระดับมาก และสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 7 ที่ตั้งไว้ เนื่องจากกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนที่ชัดเจนและสามารถฝึกฝนให้นักเรียนมีทักษะต่าง ๆ ที่หลากหลาย นักเรียนถูกกระตุ้นโดยการใช้คำถามและสถานการณ์โจทย์ฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ วางแผนและการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและสามารถฝึกปฏิบัติไปพร้อมกับเพื่อน ๆ ได้ ตัวอย่างเช่น “...ได้ฝึกทำโจทย์ในรูปแบบต่าง ๆ มากขึ้น…” “...ได้ใช้ความคิดมากขึ้น...” “...เนื้อหาการสอนเข้าใจง่ายดี...” “...กิจกรรมนี้ช่วยพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา...” “...ทำให้เข้าใจมากขึ้นและเข้าใจง่าย...” “...สนุก

กับการเรียนฟิสิกส์..." และ "...รูปแบบการสอนเข้าใจง่ายมีการปฏิบัติร่วมด้วย..." จึงส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับ อัญจนา วัจนะสวัสดิ์ (2544) ที่กล่าวไว้ว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมายหรือเป็นความรู้สึกขั้นสุดท้ายที่ได้รับผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ และสอดคล้องกับแครธวูล และคณะ (Krathwohl et, al, 1964, p. 95) ที่กล่าวไว้ว่า การลงมือปฏิบัติในสิ่งที่นักเรียนสนใจส่งผลให้เกิดความพึงพอใจเป็นผลที่เกิดขึ้นหลังจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ อาจแสดงในรูปของความสนุกสนานและความยินดี สอดคล้องกับผลการวิจัยของ อาซิ ดราแม (2559) ได้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพยา พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อมราลักษณ์ ฤทธิเดช (2553) ได้ศึกษาเจตคติต่อการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของเจตคติต่อการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์หลังการสอนอยู่ในระดับมาก อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ณัฐมน เดชมา (2555) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สารและสมบัติของสารและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน (7E) ร่วมกับการใช้แผนผังมโนทัศน์ พบว่า หลังได้รับการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ครูจึงควรเป็นผู้ชี้แนะให้คำแนะนำมากกว่าการสอนให้นักเรียนปฏิบัติตามเพียงอย่างเดียว

2. ในกิจกรรมการเรียนการสอนนักเรียนอาจมีข้อสงสัย หรือคำถามในการปฏิบัติกิจกรรม แต่ไม่กล้าซักถาม ดังนั้นครูควรดูแลและให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด โดยการเข้าหาและสอบถามความเข้าใจเกี่ยวกับกิจกรรมที่ได้ให้ลงมือปฏิบัติ

3. ครูอาจนำสถานการณ์โจทย์ปัญหาอื่น ๆ ที่หลากหลายมาให้นักเรียนได้ฝึกคิดเพิ่มเติม เพื่อเป็นการทบทวนความรู้ของนักเรียน

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ไปใช้ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ เพื่อเป็นการผสมผสานกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความหลากหลาย และเป็นการช่วยเสริมให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ควรทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ไปใช้จัดการเรียนการสอนกับเนื้อหาฟิสิกส์เรื่องอื่น ๆ ที่แตกต่างจาก เรื่องโมเมนตัมและการชน และนำไปทดลองกับระดับชั้นอื่น พร้อมทั้งปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนตามความเหมาะสมกับวัยและยุคสมัยเพื่อสร้างความแปลกใหม่ให้กับนักเรียน

3. ควรทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ไปใช้ในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิติยวดี บุญซื่อ และคณะ. (2540). *ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความสุข*. กรุงเทพฯ: ไอเดียร์สแควร์.

กำพล ดำรงค์วงศ์. (2540). *การพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบอัจฉริยะเพื่อการสร้างแผนผังมโนทัศน์* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย.

กรมวิชาการ. (2544). *การประเมินผลการศึกษาในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย* (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

กวิน เชื่อมกลาง. (2560). *นาวาฝ่าวิกฤต ตัวอย่างกาจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. สืบค้น, 24 ตุลาคม 2560 จาก http://physics.ipst.ac.th/wpcontent/uploads/sites/2/2016/03/IPST_198_FightForFlood_STEM_Activity.pdf.

จักรพันธ์ พิรักษา. (2553). *การเปรียบเทียบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของ Polya กับกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี. (2557). ที่ได้ทำการศึกษาผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 9* (4), 379-393.

ชานนท์ คำปิวทา. (2559). *การพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างข้อโต้แย้ง เรื่อง ระบบย่อยอาหาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชนากานต์ กาหลง. (2557). *ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยบางประการกับความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ และคณะ. (2540). *พจนานุกรมศัพท์การศึกษา*. กรุงเทพฯ: ไอ. คิว. บุ๊คเซ็นต์เตอร์.

ชวาล แพรัตกุล. (2546). *เทคนิคการเขียนข้อสอบ*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2550). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ไทเนรมิตกิจอินเตอร์ โปรเกรสซิฟ.

ญาณวี ขัดสีทะลี. (2557). *การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคเคดับเบิ้ลยูดีแอลเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านปง จังหวัดเชียงใหม่* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ณัฐิกานต์ รักนาค. (2552). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการถ่ายโยงการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผลและการเชื่อมโยงของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐมน เดชมา. (2555). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารและสมบัติของสารและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน (7E) ร่วมกับการใช้แผนผังมโนทัศน์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ตะวัน พันธ์ขาว. (2557). *การพัฒนาหลักสูตรเสริมทักษะการเรียนวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ทัตมณี ชูขวัญ. (2548). *การเปรียบเทียบคุณภาพของการประเมินความคิดรวบยอดวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีการตรวจให้คะแนนด้วยวิธีที่แตกต่างกัน* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2549). *การคิดและการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. โครงการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนกลุ่ม “การเรียนรู้เพื่อการพัฒนาและกระบวนการคิด”. [ม.ป.ท.: ม.ป.พ.]

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน. (2559). *การศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี : กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2537). *การพัฒนาการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสานส์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุรีวิยาสาส์น.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2542). *เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย.* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เจริญดีการพิมพ์.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). *การพัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประยูร อาษานาม. (2537). *การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา หลักการและแนวปฏิบัติ.* กรุงเทพฯ: ประกายพรึก.

ประสิทธิ์ ทองแจ่ม. (2548). *ตรรกศาสตร์เชิงคณิตศาสตร์.* สุราษฎร์ธานี: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุราษฎร์ธานี.

ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). *การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.* ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12-15. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). *กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ปิยะนาถ เหมวิเศษ. (2551). การสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว., 24* (2), น. 21-36.

พัชรินทร์ จันทร์หัวโทน. (2544). *การศึกษาผลการสอนตามหลักการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำเพื่อชีวิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พนารัตน์ วัดไทยสง. (2554). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศตร์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาโจทย์ตามเทคนิคของโพลยา* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิพัฒน์ สอนพัลละ. (2545). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้.* ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: บริษัท พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ไพศาล หวังพานิช. (2536). *การวัดผลทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภนิดา ชัยปัญญา. (2541). *ความพึงพอใจของเกษตรกรต่อกิจกรรมไร่นาสวนผสมภายใต้โครงการปรับโครงสร้างและระบบการผลิตการเกษตรของจังหวัดเชียงราย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มณีรัตน์ พรมศรี. (2558). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน เรื่องการประยุกต์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มบ, 26* (3), น. 105-113.

มนต์ชัย สิทธิจันทร์. (2547). *ผลของการฝึกจินตนาการในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการจินตนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มนัส บุญประกอบ. (2542). *แผนภูมิมโนทัศน์กับการวิจัย (ตอนที่ 1).* จดหมายข่าวสถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ 17. (29 ตุลาคม 2542), น. 3-4.

มนัส บุญประกอบ. (2533). ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา: แผนภูมิมโนทัศน์, *วารสาร สสวท,69*, 26-29.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2542*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชั่นส์จำกัด.

ลฎาภา สุทธกูล และ ลือชา ลดาชาติ. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, 21* (3), 107-123.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2536). *เทคนิกการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

วิชัย เสวกงาม. (2557). ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 42* (2), 207-223

วิยะดา ระวังสุข. (2546). *การประเมินความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรนารถ อยู่สุข. (2555). *การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ชุดกิจกรรมเสริมหลักสูตรคณิตศาสตร์และวงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย เสวกงาม. (2557). ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. *วารสารครุศาสตร์, 40* (2), 207-223.

สุดา จันทราช. (2559). ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศักษาปีที่ 5 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ. 9* (2), 107-115.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *คู่มือการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: [ม.ป.พ.].

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2547). *การให้เหตุผลในวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: เอส.พี.เอ็น. การพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *ผลการประเมิน PISA 2012 การอ่านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ทักษะกระบวนการทางคณิศาสตร์* (พิมครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 วิชาวิทยาศาสตร์*.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015*. สืบค้น 24 ตุลาคม 2560, จาก http://timssthailand.ipst.ac.th/a/proj.ipst.ac.th/timssthailand/timss/reports/TIMSS2015summary..

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2559). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. สืบค้น 24 ตุลาคม 2560 ,จาก http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/Login.aspx.

สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพลิกา ประโมจณ์ย์. (2550). *มองคุณภาพการศึกษาตะวันออกจากการประเมินผลนักเรียนนานาชาติรายงานการประเมินผลการเรียนรู้จากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพลิกา ประโมจณ์ย์. (2550). *รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โครงการ PISA 2006.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุภัทรา ตันติวิทยมาศ. (2554). *การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณด้วยแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง. (2542). *การบริหารบุคลากรและการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์* (เอกสารการบรรยายกระบวนการวิชา EA 733). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สมศักดิ์ โสภณพินิจ. (2543). ยุทธวิธีการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับการสอน. *วารสารคณิตศาสตร์,* 41-44.

โสมภิลัย สุวรรณ์. (2554). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุบาลลำพูน.* เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพทางวิชาการ.

สิริเกศ หมัดเจริญ. (2554). ที่ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มข. 5* (4), 94-101.

สุวร กาญจนมยูร. (2538). *เทคนิคการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา เล่ม 3* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

อาซิ ดราแม. (2559). ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับวิธีแก้โจทย์ปัญหาของโพยา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสาร อัล-ฮิกมะฮฺ มหาวิทยาลัยฟาฏอนี. 6* (11), 25-33.

เอกวิทย์ ดวงแก้ว. (2558). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

เอกพงษ์ ขันทะ. (2555). *ที่ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงราย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

อัจฉรา ปานรอด. (2555). *ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัญจณา วัจนะสวัสดิ์. (2544). *ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่มีต่อการให้บริการของกองบัตรโดยสารเครื่องบิน สาขาสำนักงานใหญ่ บริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน).* (ภาคนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์.

อุทัยพรรณ สุดใจ. (2545). *ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่มีต่อการให้บริการขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย จังหวัดชลบุรี.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อลิสรา ชมชื่น. (2550). *การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโดยการบูรณาการทฤษฎีการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การสื่อสาร และการให้เหตุผล เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางคณิตศาสตร์ของนักมัธยมศึกษาตอนต้น.* (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อมราลักษณ์ ฤทธิเดช. (2553). *ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฤทธิศักดิ์ สดคมขำ. (2557). *ที่ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถการให้เหตุผลทางคณิศาสตร์เรื่องเส้นขนานโดยวิธีการสอนแบบนิรนัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนยอแซฟอุปถัมภ์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภาษาต่างประเทศ

Bloom, Benjamin S. (1976). *Taxonomy of Educational Objective Handbook 1* : Cognitive Domain. New York : David Mckay Company Inc.

Bloom, Benjamin S. (1982). *Human Characteristics and School Learning*. New York : McGraw–Hill.

Chei-Chang, C. (2008). The effect of concept mapping on students learning achievements and interests. *Innovations in Education and Teaching International, 45*(4), November 2008, 375-387.

Gaigher, E., Rogan, J.M. and Braun, M.W.H. (2007). Explorating the Development of Conceptual Understanding through Structured Problem-solving in Physics. *International Journal of Science Education,29*, 1089-1110.

Good, C.V. (1973). *Dictionary of Education. New York* : McGraw-Hill Book Company.

Heller, K. and Heller, P. (2000). *The Competent Problem Solver for Introductory Physics*. New York : Primis Custom Publishing.

Krathwohl, D.R. et, al. (1964). *Taxonomy of educational objectives:the classification of educational goals handbook II : affective domain*. London : Longman.

Likert, Rensis. (1967). *The Method of Constructing and Attitude Scale* Attitude Theory and Measurement. New York : Wiley & Son.

Metallidou, P. (2009). Pre-Service and in-Service Teachers' Metacognitive Knowledge about Problem-Solving Strategies. *Teaching and Teacher Education*. 25, 76-82.

Morse, N. C. (1958). *Satisfacion in the White Collar Job*. Michigan: University of Michigan.

Novak, J.D., and Gowin, D.B., and Jonhansen, G.T. (1983). The Use of Concept Mapping and Knowledge V Mapping with Junior Height School Science Students. Science Education, *5*, 625-245.

Orhun, N. and Orhun, O. (2001). *Mathematical Mistakes of Solving Physics Problems.* Turkey: Anadolu University.

Riasat Ali. (2010). Effect of Using Problem Solving Method in Teaching Mathematics on the Achievement of Mathematics Students**.** *Asian Social Science*, *6*(2), 67 – 72.

Sternberg, R. (1999). *The nature of mathematical reasoning. In L.V. Stiff & F.R. Curcio (Eds.), Developing Mathematical Reasoning In Grades K-12, 37-43. Reston,* VA : Nation Council of Teachers of Mathematics.

Shelly, Maynard W. (1975). *Responding to Social Change*. Pennsylvania : dowden Huntchisam Press, Inc.

Stollburg, R. J. (1986). Problem Solving, The Process Games in Science Teaching. *The Science Teacher. 24670 Eskisehir Turkey*, 288-289.

Stromborg, M. F. (1984). *Selecting an Instrument to Measure Quality of Life.* N.P. : Oncology Nursing Forum.

Vroom, H Victor. (1964). *Work and Motivation*. Now York : Wiley and Sons, Inc.

Wilson, Jame W. (1971). *Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics. in Handbook and Formative Evaluation of Student Learning*. Edit by Benjamin S. Bloom. U.S.A. : McGraw – Hill.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญล้อม ด้วงวิเศษ

วุฒิการศึกษา	คบ. การศึกษาพิเศษ
	กศ.ม. การศึกษาพิเศษ
	กศ.ด. หลักสูตรและการสอน
สถาบันการศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ตำแหน่งวิชาการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ทำงาน	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิงหา ประสิทธิ์พงศ์

วุฒิการศึกษา	กศ.บ. วิทยาศาสตร์ – ฟิสิกส์
	กศ.ม. ฟิสิกส์
	ปร.ด. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการศึกษา
สถาบันการศึกษา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำแหน่งวิชาการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ทำงาน	สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ (ต่อ)

3. อาจารย์ ดร. เกริก ศักดิ์สุภาพ

วุฒิการศึกษา	กศ.บ. ฟิสิกส์
	กศ.ม. ฟิสิกส์
	กศ.ด. วิทยาศาสตร์ศึกษา
สถาบันการศึกษา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตำแหน่งวิชาการ	อาจารย์
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
	ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

4. ดร. สกาวรัตน์ จรุงนันทกาล

วุฒิการศึกษา	กศ.บ. วิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์
	ศษ.บ. วัดผลประเมินผลระดับมัธยมศึกษา
	วท.ม. สถิติประยุกต์
	กศ.ด. การทดสอบและวัดผลการศึกษา
สถาบันการศึกษา	มหาวิทยาลัยบูรพา
	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ตำแหน่งวิชาการ	-
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ (ต่อ)

5. ดร. สุนิษา สาลีพวง

วุฒิการศึกษา	กศ.บ. วิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์
	กศ.ม. การบริหารการศึกษา
	กศ.ด. การทดสอบและวัดผลการศึกษา
สถาบันการศึกษา	มหาวิทยาลัยบูรพา
	มหาวิทยาลัยบูรพา
	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตำแหน่งวิชาการ	-
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนเขาฉกรรจ์วิทยาคม

รายการเครื่องมือที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

- ผศ.ดร.บุญล้อม ด้วงวิเศษ
- อาจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ
- ดร.สกาวรัตน์ จรุงนันทกาล

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

- ผศ.ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์
- อาจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ
- ดร.สุนิษา สาลีพวง

3. แบบวัดทักษะการให้เหตุผล

- ผศ.ดร.บุญล้อม ด้วงวิเศษ
- ผศ.ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์
- ดร.สกาวรัตน์ จรุงนันทกาล

4. แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

- ผศ.ดร.บุญล้อม ด้วงวิเศษ
- อาจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ
- ดร.สุนิษา สาลีพวง

5. แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

- ผศ.ดร.บุญล้อม ด้วงวิเศษ
- ผศ.ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์
- ดร.สกาวรัตน์ จรุงนันทกาล

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเครื่องมือ

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
2. ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. ตัวอย่างแบบวัดทักษะการให้เหตุผล
4. ตัวอย่างแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
5. ตัวอย่างแบบสอบถามความพึงพอใจ

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม (ว 30201)	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ โมเมนตัมและการชน	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560
ครั้งที่ 2 แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	เวลาการสอน 3 คาบ (คาบละ 50 นาที)

1. ความคิดรวบยอด

แรงที่กระทำต่อวัตถุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม โดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ จะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้น เช่น ในกรณีการออกแรงรับลูกฟุตบอลของผู้รักษาประตู ฟุตบอลซึ่งเคลื่อนที่มาด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน หากผู้รักษาประตูต้องการหยุดลูกฟุตบอลให้หยุดนิ่งนั้นจะพบว่าการออกแรงรับลูกฟุตบอลในแต่ละครั้งจะต้องออกแรงรับแตกต่างกัน

2. ความรู้พื้นฐานเดิม

1. ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ
2. แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
3. งานและพลังงาน

3. ขอบข่ายเนื้อหา

- แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

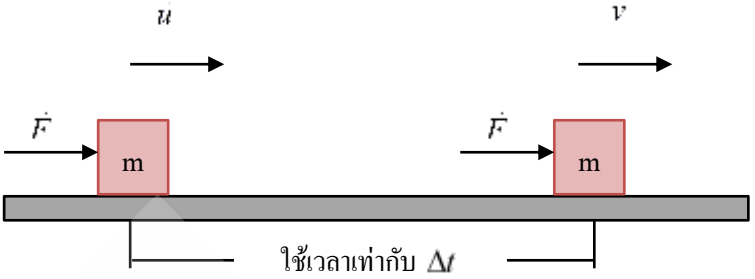
นักเรียนสามารถ

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปได้
2. แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับแรงและโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปได้

5. เนื้อหาสาระ

โมเมนตัมเกิดขึ้นกับวัตถุที่มีความเร็ว หรืออีกนัยหนึ่งคือวัตถุที่มีพลังงานจลน์ ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงาน นอกจากโมเมนตัมจะขึ้นกับมวลและความเร็วของวัตถุแล้ว แรงที่กระทำต่อวัตถุก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม โดยแรงจะทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนแปลงไป

เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m ที่ถูกแรงคงที่ $\vec{F}$ กระทำเป็นเวลา Δt ทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนไปจาก $\vec{u}$ เป็น $\vec{v}$ โดยที่พื้นไม่มีแรงเสียดทาน ดังภาพ



ภาพแสดง วัตถุถูกแรงคงตัวกระทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลง

จากภาพ เมื่อพิจารณาจากกฎข้อที่สองของนิวตัน จะได้ว่า

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$= m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

$$= m\frac{\vec{v}-\vec{u}}{\Delta t}$$

$$\boxed{\vec{F} = \frac{m\vec{v}-m\vec{u}}{\Delta t}}$$

เมื่อ $\vec{P}_1 = m\vec{u}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุก่อนถูกแรงคงที่ $\vec{F}$ กระทำ

$\vec{P}_2 = m\vec{v}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุหลังถูกแรงคงที่ $\vec{F}$ กระทำ

ดังนั้น $$\boxed{\vec{F} = \frac{m\vec{v}-m\vec{u}}{\Delta t} = \frac{\vec{P}_2-\vec{P}_1}{\Delta t}}$$

เมื่อ $\Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$ เป็นโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป สามารถเขียนสมการได้เป็น

$$\boxed{\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}}$$

เมื่อ $\vec{F}$ คือ แรงลัพธ์ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

$\Delta\vec{P}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น กิโลกรัม.เมตรต่อวินาที (kg.m/s)

Δt คือ เวลาที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น วินาที (s)

จากสมการสรุปได้ว่า “แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ จะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้น”

6. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

6.1 ขั้นที่ 1 ขั้นวิเคราะห์ปัญหา

6.1.1 ครูกระตุ้นความสนใจโดยการถามนักเรียนว่า “แรงที่กระทำต่อวัตถุจะมีผลอย่างไรต่อโมเมนตัมของวัตถุบ้าง” และ “นักเรียนคิดว่าแรงที่กระทำต่อวัตถุมีความสัมพันธ์กันอย่างไรกับโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไป” ให้เวลานักเรียนได้คิดและตอบคำถามโดยไม่เน้นคำตอบถูกหรือผิด

6.1.2 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม และมอบหมายให้ตัวแทนนักเรียนมารับใบความรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม เพื่อนำไปศึกษาและสรุปลงในสมุดบันทึก

6.1.3 ครูมอบหมายให้ตัวแทนนักเรียนแจกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม ให้กับเพื่อนได้วิเคราะห์สถานการณ์โจทย์ร่วมกันภายในกลุ่ม ในขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาดังนี้

ลูกบอลมวล 0.5 kg ถูกเตะอัดกำแพงด้วยอัตราเร็วต้น 20 m/s โดยถือว่าระหว่างทางที่เคลื่อนที่ลูกบอลไม่สูญเสียพลังงาน หลังจากนั้นลูกบอลกระดอนออกมาด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม จงหาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของลูกบอลและแรงที่กระทำมีค่าเท่าใด ถ้าลูกบอลกระทบพื้นโดยใช้เวลา 0.1 s

6.1.2 ครูกระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยใช้คำถาม ดังนี้

1. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

(แนวคำตอบ โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของลูกบอลและแรงที่กระทำต่อลูกบอล)

2. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

(แนวคำตอบ ลูกบอลมวล 0.5 kg , อัตราเร็วต้น 20 m/s , ลูกบอลกระทบพื้นใช้เวลา 0.1 s)

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

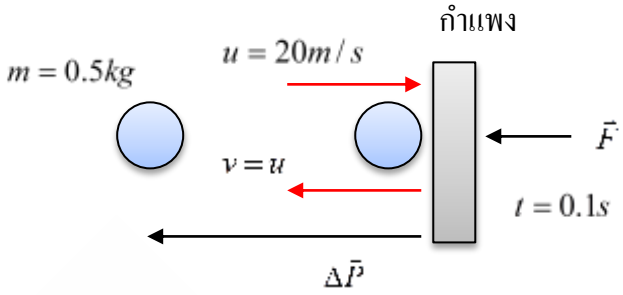
(แนวคำตอบ ลูกบอลไม่สูญเสียพลังงาน และลูกบอลกระดอนออกมาด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม นั่นคือ อัตราเร็วต้นเท่ากับอัตราเร็วปลาย)

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์มีอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ ให้ขีดเส้นใต้คำสำคัญในโจทย์ พร้อมระบุตัวสัญลักษณ์ตัวแปร ดังนี้ มวลลูกบอล = m , อัตราเร็วต้น = u , โมเมนตัมที่เปลี่ยนไป = $\Delta\vec{P}$, แรง = $\vec{F}$, เวลา = t)

5. โจทย์ปัญหาสามารถวาดภาพประกอบการคำนวณได้หรือไม่ อย่างไร พร้อมระบุสัญลักษณ์ตัวแปรลงในแผนภาพ

(แนวคำตอบ ดังภาพ)



6.2 ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

6.2.1 ครูกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนแก้ปัญหาโดยใช้ใบกิจกรรมที่ 2 ในขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ดังนี้

1. ตัวแปรที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าจากโจทย์

(แนวคำตอบ ตัวแปรที่ทราบค่า คือ $m = 0.5kg$, $u = v = 20m/s$, $t = 0.1s$ ตัวแปรที่ไม่ทราบค่า คือ $\Delta\vec{P}$, $\vec{F}$)

2. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกับการหาคำตอบ มีอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ จะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้น และโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปเป็นผลต่างของโมเมนตัมของวัตถุก่อนและหลังถูกแรงกระทำ)

3. สูตร/สมการ ที่ใช้สำหรับการแก้โจทย์ปัญหา มีอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ $\vec{P} = m\vec{v}$, $m = 0.5kg$ และ $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างไร

(แนวคำตอบ พิจารณาโมเมนตัมเริ่มต้นของลูกบอล จากสมการ $\vec{P}_1 = m\vec{u}$ และโมเมนตัมตอนกระดอนออกมาจากกำแพง จากสมการ $\vec{P}_2 = m\vec{v}$ จากนั้นหาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปโดยพิจารณาตามหลักการรวมเวกเตอร์ จากสมการ $m = 0.5kg$ และหาแรงที่ลูกบอลกระทำต่อกำแพง จากสมการ $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$)

6.3 ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแผนผังมโนทัศน์

6.3.1 ครูให้นักเรียนได้สรุปกระบวนการคิดโดยใช้ใบกิจกรรมที่ 2 ในขั้นที่ 3 สร้างแผนผังมโนทัศน์ ดังนี้

1. สร้างแผนผังมโนทัศน์ จากที่ได้ตอบคำถามในขั้นที่ 1 และ 2 นักเรียนสามารถสร้างแผนผังความคิดอย่างไรได้บ้าง

(แนวคำตอบ ดังแผนภาพ)

2. ครูสุ่มนักเรียนออกมาสรุปกระบวนการคิดในการแก้โจทย์ปัญหา

6.4 ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

6.4.1 ครูให้นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามที่ได้วางแผนไว้ โดยใช้ใบกิจกรรมที่ 2 ในขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา ดังนี้

1. แสดงวิธีหาคำตอบ (แนวคำตอบ ดังวิธีที่แสดง)

- พิจารณาโมเมนตัมเริ่มต้น

จาก $\vec{P}_1 = m\vec{u}$

แทนค่า $\vec{P} = (0.5)(20)$

ดังนั้น $\vec{P} = 10 \quad kg.m/s$ มีทิศพุ่งเข้าหากำแพง

- พิจารณาโมเมนตัมของลูกบอลตอนกระดอนออกมาจากกำแพง

จาก $\vec{P}_2 = m\vec{v}$

แทนค่า $\vec{P} = (0.5)(20)$

ดังนั้น $\vec{P} = 10 \quad kg.m/s$ มีทิศพุ่งออกหากำแพง

- หาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป เมื่อพิจารณาตามหลักการรวมเวกเตอร์

จาก $m = 0.5kg$

แทนค่า $\Delta\vec{P} = (-10) - 10$

ดังนั้น $\Delta\vec{P} = -20 \ kg.m/s$ มีทิศพุ่งออกหากำแพง

- หาแรงที่ลูกบอลกระทำต่อกำแพง

จาก $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$

แทนค่า $\vec{F} = \dfrac{-20}{0.1}$

ดังนั้น $\vec{F} = -200 \ N$ มีทิศพุ่งออกหากำแพง

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการ มีอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ โมเมนตัมที่เปลี่ยนไปมีค่า $20 \ kg.m/s$ มีทิศพุ่งออกหากำแพง และแรงที่ลูกบอลกระทำต่อกำแพงมีค่า $200 \ N$ มีทิศพุ่งออกหากำแพง)

6.5 ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบคำตอบ

6.5.1 ครูร่วมอภิปรายกับนักเรียนถึงคำตอบที่ได้ จากใบกิจกรรมที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ ดังนี้

1. คำตอบที่ได้ถูกต้องครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่

(แนวคำตอบ โจทย์ต้องการทราบโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของลูกบอลและแรงที่กระทำต่อลูกบอล)

2. หน่วยของคำตอบถูกต้องหรือไม่

(แนวคำตอบ โมเมนตัม หน่วย $kg.m/s$ และ แรง หน่วย N)

7. สื่อการเรียนรู้

- ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม
- ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม
- แบบฝึกทักษะที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

8. การวัดและประเมินผล

- แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบวัดทักษะการให้เหตุผล
- แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

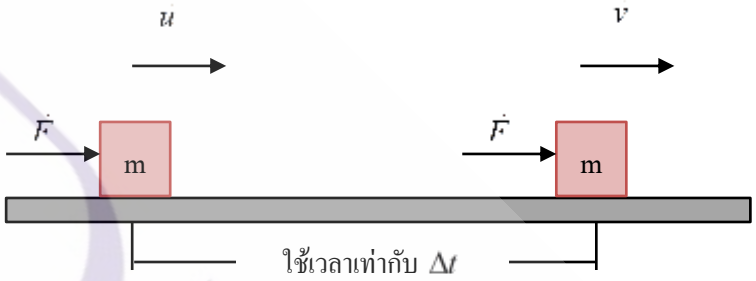
9. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

1. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรียบเรียงโดย ดร.สุโกสินทร์ ทองรัตนาศิริ ดร.มนต์อมร ปรีชารัตน์ และดร.สุธิษา เลาะเซ็น
2. คู่มือ รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรียบเรียงโดย นิรันดร์ สุวรัตน์
3. ห้องสมุดโรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม
4. เว็บไซต์ http://www.rmutphysics.com/physics1/My%20Webs/chap8/chap8-IE/index.htm

ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

โมเมนตัมเกิดขึ้นกับวัตถุที่มีความเร็ว หรืออีกนัยหนึ่งคือวัตถุที่มีพลังงานจลน์ ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงาน นอกจากโมเมนตัมจะขึ้นกับมวลและความเร็วของวัตถุแล้ว แรงที่กระทำต่อวัตถุก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม โดยแรงจะทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนแปลงไป

เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m ที่ถูกแรงคงที่ $\vec{F}$ กระทำเป็นเวลา Δt ทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนไปจาก $\vec{u}$ เป็น $\vec{v}$ โดยที่พื้นไม่มีแรงเสียดทาน ดังภาพ



ภาพแสดง วัตถุถูกแรงคงตัวกระทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลง

จากภาพ เมื่อพิจารณาจากกฎข้อที่สองของนิวตัน จะได้ว่า

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$= m\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

$$= m\frac{\vec{v}-\vec{u}}{\Delta t}$$

$$\boxed{\vec{F} = \frac{m\vec{v}-m\vec{u}}{\Delta t}}$$

เมื่อ $\vec{P}_1 = m\vec{u}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุก่อนถูกแรงคงที่ $\vec{F}$ กระทำ

$\vec{P}_2 = m\vec{v}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุหลังถูกแรงคงที่ $\vec{F}$ กระทำ

ดังนั้น $$\boxed{\vec{F} = \frac{m\vec{v}-m\vec{u}}{\Delta t} = \frac{\vec{P}_2-\vec{P}_1}{\Delta t}}$$

เมื่อ $\Delta\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$ เป็นโมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป สามารถเขียนสมการได้เป็น

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$$

เมื่อ $\vec{F}$ คือ แรงดล มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

$\Delta\vec{P}$ คือ โมเมนตัมของวัตถุที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น กิโลกรัม.เมตรต่อวินาที (kg.m/s)

Δt คือ เวลาที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น วินาที (s)

จากสมการสรุปได้ว่า “แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ จะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้น”

ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

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

โจทย์ปัญหา

ลูกบอลมวล 0.5 kg ถูกเตะอัดกำแพงด้วยอัตราเร็วต้น 20 m/s โดยถือว่าระหว่างทางที่เคลื่อนที่ลูกบอลไม่สูญเสียพลังงาน หลังจากนั้นลูกบอลกระดอนออกมาด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม จงหาโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปของลูกบอล และแรงที่กระทำมีค่าเท่าใด ถ้าลูกบอลกระทบพื้นโดยใช้เวลา 0.1 s

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา

1. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

.....

2. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

.....

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

.....

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์มีอะไรบ้าง

.....

5. โจทย์ปัญหาสามารถวาดภาพประกอบการคำนวณได้หรือไม่ อย่างไร

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

1. ตัวแปรที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าจากโจทย์

.....

.....

2. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกับการหาคำตอบ มีอะไรบ้าง

.....

.....

3. สูตร/สมการ ที่ใช้สำหรับการแก้โจทย์ปัญหา มีอะไรบ้าง

……

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างไร

……

……

ขั้นที่ 3 สร้างแผนผังมโนทัศน์

สร้างแผนผังมโนทัศน์ จากที่ได้ตอบคำถามในขั้นที่ 1 และ 2 นักเรียนสามารถสร้างแผนผังความคิดอย่างไรได้บ้าง

ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา

1. แสดงวิธีหาคำตอบ

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการ มีอะไรบ้าง

……

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ

1. คำตอบที่ได้ถูกต้องครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่

……

2. หน่วยของคำตอบถูกต้องหรือไม่

……

แบบฝึกทักษะที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม

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

โจทย์ปัญหา

นักเรียนทดลองแทงลูกสนุ๊กเกอร์มวล 100 g ทำให้ลูกสนุ๊กมีความเร็ว 5 m/s ถ้าช่วงเวลาที่ไม้คิวกระทบลูกสนุกเกอร์เป็น 0.01 s จงหาแรงเฉลี่ยที่ไม้คิวกระทำต่อลูกสนุ๊ก

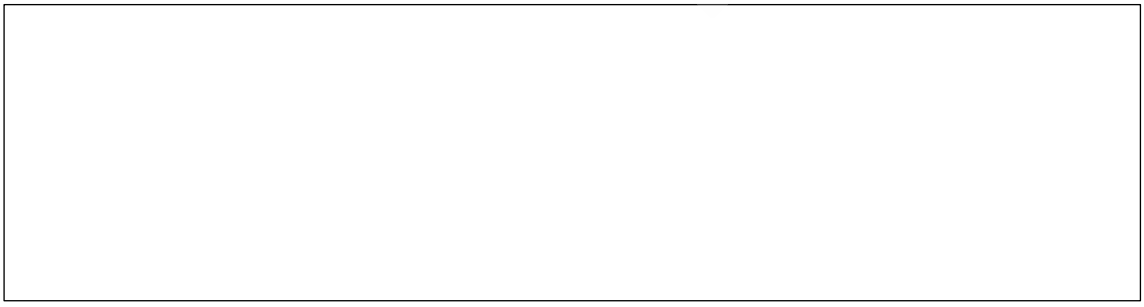
ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 สร้างแผนผังมโนทัศน์

ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ



ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง โมเมนตัมและการชน

วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว 30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ

.....

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบทดสอบนี้เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ รวมคะแนน 20 คะแนน ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 40 นาที
2. ให้นักเรียนอ่านคำถามในแต่ละข้อ แล้วพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว โดยให้ทำเครื่องหมาย ☒ ให้ตรงกับตัวเลือกในกระดาษคำตอบ
3. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณในการทำข้อสอบ
4. ห้ามนำเอกสารหรือตำราเข้าห้องสอบ
5. ห้ามนำข้อสอบออกนอกห้องสอบโดยเด็ดขาด

.....

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดกล่าวถึงความหมายของโมเมนตัม**ไม่**ถูกต้อง
   ก. วัตถุที่มีโมเมนตัมมากจะทำให้หยุดได้ยากกว่าวัตถุที่มีโมเมนตัมน้อย
   ข. เป็นปริมาณที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ
   ค. เป็นปริมาณที่บอกว่าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เสมอ
   ง. ความพยายามรักษาสภาพเดิมของการเคลื่อนที่ของวัตถุ

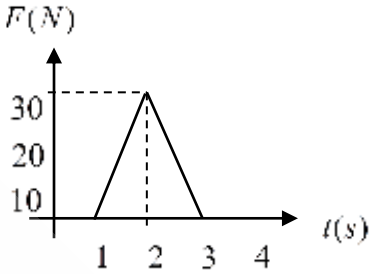
2. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง
   ก. ในการวิ่งแข่ง 100 m นายแดง วิ่งเข้าเส้นชัยเป็นที่ 1 กล่าวได้ว่า โมเมนตัมของนายแดง มีขนาดมากกว่าผู้เข้าแข่งขันคนอื่น ๆ
   ข. รถบรรทุกมีโมเมนตัมมากกว่ารถจักรยานยนต์ เพราะมีมวลมากกว่า
   ค. รถจักรยานยนต์มีความเร็วคงที่ จะมีโมเมนตัมคงที่
   ง. วัตถุที่มีความเร็วมากกว่า จะมีโมเมนตัมมากกว่าเสมอ

3. รถจักรยานยนต์มีมวล 200 kg กำลังวิ่งด้วยอัตราเร็ว 36 km/hr ขนาดโมเมนตัมของรถจักรยานยนต์คันนี้มีค่าเท่าใด
   ก. 2,000 kg.m/s
   ข. 7,200 kg.m/s
   ค. 1,000 kg.m/s
   ง. 5,000 kg.m/s

4. ปัจจัยที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมขึ้นอยู่กับ
   1) มวล
   2) ความเร็ว
   3) เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนโมเมนตัม

คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด
   ก. ข้อ 1 , 2 และ 3
   ข. ข้อ 2 และ 3
   ค. ข้อ 1 และ 3
   ง. ข้อ 1 และ 2

5. มีแรงกระทำต่อวัตถุหนึ่งดังรูป ในช่วงเวลาที่มีแรงกระทำนั้น จะทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไปเท่าใด



ก. 10 Ns

ข. 20 Ns

ค. 30 Ns

ง. 40 Ns

6. การดลที่กระทำบนวัตถุหนึ่งจะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณใดต่อไปนี้

ก. ความเร็ว ข. โมเมนตัม

ค. พลังงานจลน์ ง. แรง

7. ภราดรตบลูกเทนนิสที่กำลังลองเข้าหาตัวในแนวระดับด้วยความเร็ว 20 m/s ให้สะท้อนกลับออกไปในแนวเดิมด้วยความเร็ว 30 m/s โดยลูกเทนนิสกระทบไม้นาน 0.02 s ถ้าลูกเทนนิสมีมวล 0.1 kg จงหาขนาดการดลของลูกเทนนิสในหน่วยนิวตันวินาที (Ns)

ก. 5 ข. 10

ค. 15 ง. 20

8. จากข้อ 7) ที่ผ่านมา แรงเฉลี่ยนที่ไม้เทนนิสกระทำต่อลูกเทนนิสเป็นกี่นิวตัน (N)

ก. 100 ข. 150

ค. 200 ง. 250

9. การชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์มีปริมาณใดที่คงที่

ก. พลังงานจลน์แต่ไม่ใช่โมเมนตัม ข. โมเมนตัมแต่ไม่ใช่พลังงานจลน์

ค. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์ ง. ไม่คงที่ทั้งพลังงานจลน์และโมเมนตัม

10. การชนกันของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น ข้อใดถูกต้อง

ก. พลังงานจลน์มีค่าคงตัว แต่โมเมนตัมไม่คงตัว

ข. โมเมนตัมมีค่าคงตัว แต่พลังงานจลน์มีค่าไม่คงตัว

ค. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์มีค่าไม่คงตัว

ง. ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์มีค่าคงตัว

ตัวอย่างแบบวัดทักษะการให้เหตุผล

ตัวอย่างแบบวัดทักษะการให้เหตุผล

เรื่อง โมเมนตัมและการชน

วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว 30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ

……

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดทักษะการให้เหตุผลนี้มีทั้งหมด 2 ตอน คือ

   ตอนที่ 1 ข้อสอบแบบปรนัย (ตอบในกระดาษคำตอบ)

   - เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 2 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย รวม 6 คะแนน ให้เวลาในการทำ 10 นาที
   - ให้นักเรียนอ่านคำถามในแต่ละข้อแล้วเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย X ให้ตรงกับตัวเลือกในกระดาษคำตอบ

   ตอนที่ 2 ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) (ทำลงในข้อสอบ)

   - เป็นข้อสอบอัตนัยประยุกต์ จำนวน 2 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย รวม 12 คะแนน ให้เวลาในการทำ 20 นาที
   - โปรดอ่านคำชี้แจงให้เข้าใจ หากมีข้อสงสัยให้สอบถามครูผู้สอนก่อน เมื่อบอกให้ทำจึงเริ่มเปิดแบบวัดทักษะออกมาทำพร้อมกัน
   - โปรดตอบคำถามแต่ละสถานการณ์ให้ครบทุกข้อ กรุณาตอบให้ตรงประเด็นและละเอียดมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ในเวลาที่กำหนดให้
   - เวลาที่ระบุไว้เป็นเวลาที่ควรใช้ในการทำแต่ละแผ่น และเวลาสะสมที่ควรใช้นักเรียนสามารถใช้เวลาน้อยกว่าหรือมากกว่าก็ได้ หากนักเรียนใช้เวลาในข้อนั้นมากเกินไปจะทำให้นักเรียนมีเวลาในการทำข้ออื่น ๆ น้อยลง จึงควรพิจารณาใช้เวลาให้เหมาะสมก่อน
   - หากไม่เข้าใจคำชี้แจงให้ถามครูผู้สอนก่อนเริ่มทำแบบวัดทักษะในระหว่างการทำจะไม่มีการถามหรือชี้แจงใด ๆ ทั้งสิ้น ให้ตอบตามที่นักเรียนเข้าใจ

2. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณในการทำข้อสอบ
3. ห้ามนำเอกสารหรือตำราเข้าห้องสอบ
4. ห้ามนำข้อสอบออกนอกห้องสอบโดยเด็ดขาด

ตอนที่ 1 ข้อสอบแบบปรนัย (ตอบในกระดาษคำตอบ)

สถานการณ์ที่ 1

วันที่ 19 พฤษภาคม 2559 ผู้สื่อข่าวมีรายงานว่า โลกออนไลน์กำลังมีกระแสการแชร์คลิปวิดีโออุทาหรณ์เตือนใจผู้ปกครอง เมื่อเด็กเล็กรายหนึ่งพลัดตกจากรถฟอร์จูนเนอร์จนกลิ้งลงมากลางสี่แยก ในตัวเมือง จังหวัดกระบี่ จนสร้างความหวาดเสียวให้แก่ผู้ที่พบเห็น

โดยภาพที่เผยแพร่ผ่านเฟซบุ๊ก ห้องข่าวกระบี่ NewsRoom at Krabi เป็นคลิปที่ถ่ายได้จากกล้องหน้ารถของบริษัท เรือเร็วลมพระยา จำกัด สาขากระบี่ เผยให้เห็นช่วงวินาทีที่รถโตโยต้า ฟอร์จูนเนอร์ สีน้ำเงิน ไม่ทราบหมายเลขทะเบียน ขับผ่านบริเวณสี่แยกนกอินทรีย์เพื่อเลี้ยวขวาไปทางถนนมหาราช มุ่งหน้าไปทางสำนักงานเทศบาลเมืองกระบี่ แต่ในขณะที่รถอยู่กลางสี่แยก อยู่ ๆ ประตูด้านหลังของรถก็เปิดออก เป็นผลให้เด็กวัยประมาณ 4 ขวบ หล่นจากรถ ล้มกลิ้งไปบนถนน เคราะห์ยังดีที่รถคันสีขาวซึ่งขับตามมา สามารถหยุดรถได้ทันอย่างเฉียดฉิวก่อนทับเด็ก จากนั้นคนขับรถฟอร์จูนเนอร์ที่เป็นผู้หญิงก็รีบหยุดรถ และวิ่งมาดูเด็ก พร้อมกับมีผู้ชายอีกคนวิ่งข้ามถนนมาช่วยอุ้มเด็กขึ้น ก่อนที่ผู้หญิงคนนี้จะอุ้มเด็กกลับขึ้นรถไป

ทั้งนี้ภาพดังกล่าวได้ถูกแชร์ต่อไปอย่างรวดเร็ว โดยมีชาวเน็ตจำนวนมากเข้ามาแสดงความเห็นตำหนิผู้ปกครองที่ประมาท ไม่ล็อกประตูรถให้ดี ทั้งที่คันต่าง ๆ นั้นมีระบบกันไม่ให้เด็กเปิดประตูจากภายในรถได้ นอกจากนี้ยังมีผู้แนะนำให้ผู้ปกครองจับให้เด็กนั่งอยู่ด้านหน้า พร้อมรัดเข็มขัดนิรภัยแก่เด็กด้วย

อ้างอิง จาก เฟซบุ๊ก ห้องข่าวกระบี่ NewsRoom at Krabi

อ่านรายละเอียดเพิ่มเติมจาก เดลินิวส์

เว็บไซต์ : https://hilight.kapook.com/view/136945

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดคือเหตุการณ์หรือสาระสำคัญจากสถานการณ์โจทย์
   ก. รถเกิดอุบัติเหตุผู้โดยสารภายในรถได้รับบาดเจ็บจากการกระแทกกัน
   ข. รถขับมาด้วยความเร็วสูงทำให้หลุดโค้ง
   ค. รถไถลลงข้างถนนและมีคนตกจากรถ
   ง. มีคนกลิ้งตกจากรถขณะเลี้ยว

2. เพราะเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว
   ก. ถนนลื่นทำให้แรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นมีค่าน้อย
   ข. รถมีการเปลี่ยนความเร็วแต่คนในรถยังรักษาสภาพเดิมของการเคลื่อนที่
   ค. รถมีความเร่งมากเกินไป
   ง. คนในรถเคลื่อนที่ตามแนวแรงของรถ

3. จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าว สามารถใช้หลักการฟิสิกส์ใดในการอธิบาย
   ก. กฎการอนุรักษ์พลังงาน
   ข. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวล
   ค. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน
   ง. กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

ตอนที่ 2 ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) (ทำลงในข้อสอบ)

ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

เวลา .....10.....นาที	เวลาสะสม .....10.....นาที	

สถานการณ์ที่ 1

จากคลิปเหตุการณ์ของสองหนุ่มสาวได้ทดลองการยิงปืน โดยฝ่ายหญิงเป็นคนทดลองยิง พบว่าหลังจากลั่นไกลปืนผู้หญิงถึงหงายหลัง แสดงให้เห็นดังภาพ

อ้างอิง จาก FIN Channel

Published on Jul 9, 2015

เว็บไซต์ https://www.youtube.com/watch?v=7GAEFpQBEjA

1. จากสถานการณ์โจทย์ที่กำหนดให้ มีเหตุการณ์สำคัญอะไรเกิดขึ้น ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน โมเมนตัมและการชน

ตอบ.....

.....

.....

.....

.....

2. เพราะเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว

ตอบ.....

.....

.....

.....

.....

3. อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ดังกล่าว โดยใช้หลักการทางฟิสิกส์

ตอบ.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ตัวอย่างแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
เรื่อง โมเมนตัมและการชน
วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว 30201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนโซ่พิสัยพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ

.....

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์นี้มีทั้งหมด 2 ตอน คือ

   ตอนที่ 1 ข้อสอบแบบปรนัย (ตอบในกระดาษคำตอบ)

   - เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 2 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย รวม 10 คะแนน ให้เวลาในการทำ 10 นาที
   - ให้นักเรียนอ่านคำถามในแต่ละข้อแล้วเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย X ให้ตรงกับตัวเลือกในกระดาษคำตอบ

   ตอนที่ 2 ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) (ทำลงในข้อสอบ)

   - เป็นข้อสอบอัตนัยประยุกต์ จำนวน 2 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย รวม 44 คะแนน ให้เวลาในการทำ 30 นาที
   - โปรดอ่านคำชี้แจงให้เข้าใจ หากมีข้อสงสัยให้สอบถามครูผู้สอนก่อน เมื่อบอกให้ทำจึงเริ่มเปิดแบบวัดทักษะออกมาทำพร้อมกัน
   - โปรดตอบคำถามแต่ละสถานการณ์ให้ครบทุกข้อ กรุณาตอบให้ตรงประเด็นและละเอียดมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ในเวลาที่กำหนดให้
   - เวลาที่ระบุไว้เป็นเวลาที่ควรใช้ในการทำแต่ละแผ่น และเวลาสะสมที่ควรใช้นักเรียนสามารถใช้เวลาน้อยกว่าหรือมากกว่าก็ได้ หากนักเรียนใช้เวลาในข้อนั้นมากเกินไปจะทำให้นักเรียนมีเวลาในการทำข้ออื่น ๆ น้อยลง จึงควรพิจารณาใช้เวลาให้เหมาะสมก่อน
   - หากไม่เข้าใจคำชี้แจงให้ถามครูผู้สอนก่อนเริ่มทำแบบวัดทักษะในระหว่างการทำจะไม่มีการถามหรือชี้แจงใด ๆ ทั้งสิ้น ให้ตอบตามที่นักเรียนเข้าใจ

2. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณในการทำข้อสอบ
3. ห้ามนำเอกสารหรือตำราเข้าห้องสอบ
4. ห้ามนำข้อสอบออกนอกห้องสอบโดยเด็ดขาด

ตอนที่ 1 ข้อสอบแบบปรนัย (ตอบในกระดาษคำตอบ)

สถานการณ์ที่ 1

กล่องใบหนึ่งอยู่บนรถ ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยความเร็ว 30 m/s รถจะต้องเบรกจนหยุดนิ่งในเวลาน้อยที่สุดเท่าไร กล่องจึงจะไม่ไถลไปบนรถ ถ้าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างกล่องกับรถเป็น 0.5

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. โจทย์ปัญหานี้ต้องการทราบสิ่งใด
   ก. อัตราเร็วของกล่องขณะรถเบรก
   ข. โมเมนตัมของกล่องที่เปลี่ยนไป
   ค. แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับรถ
   ง. เวลาที่ใช้ในการเบรกเพื่อให้รถหยุด

2. ข้อใด**ไม่ใช่**เงื่อนไขหรือสิ่งที่โจทย์ปัญหานี้กำหนดมาให้
   ก. รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 30 m/s
   ข. กล่องจะเกิดการไถลเมื่อทำการเบรก
   ค. กล่องวางอยู่บนรถซึ่งกำลังเคลื่อนที่อยู่
   ง. สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างกล่องกับรถเป็น 0.5

3. โจทย์ปัญหานี้ใช้สูตร สมการหรือหลักการใด ในการแก้โจทย์ปัญหา
   ก. การอนุรักษ์พลังงาน ($E_1 = E_2$)
   ข. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ($\vec{F} = -\vec{F}$)
   ค. งานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ ($W = \vec{F} \cdot \vec{S}$)
   ง. แรงและโมเมนตัมที่เปลี่ยนไป ($\vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{u}$)

4. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง
   ก. หลักการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ได้แก่ การดลและแรงดล
   ข. หลักการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ได้แก่ กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน
   ค. สิ่งที่โจทย์กำหนด ได้แก่ รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 30 m/s , โมเมนตัมของกล่องที่เปลี่ยนไป
   ง. สิ่งที่โจทย์กำหนด ได้แก่ สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างกล่องกับรถเป็น 0.5 , อัตราเร็วของกล่องขณะรถเบรก

5. คำตอบของโจทย์ปัญหานี้คือข้อใด
   ก. อัตราเร็วของกล่องขณะรถเบรก เท่ากับ 25 m/s
   ข. แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับรถ เท่ากับ 5 N
   ค. เวลาที่ใช้ในการเบรกเพื่อให้รถหยุด เท่ากับ 6 s
   ง. โมเมนตัมของกล่องที่เปลี่ยนไป เท่ากับ 180 Ns

ตอนที่ 2 ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) (ทำลงในข้อสอบ)

ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ)

เวลา .....4.....นาที	เวลาสะสม .....4.....นาที	

สถานการณ์ที่ 1

ถ้านักเรียนเตะลูกบอลมวล 0.5 kg ทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 20 m/s เข้าชนฝาผนังในแนวตั้งฉาก แล้วสะท้อนกลับออกมาในแนวเดิมด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม การดลของลูกบอลและแรงเฉลี่ยที่ฝาผนังกระทำต่อลูกบอลมีค่าเท่าใด ถ้าลูกบอลกระทบฝาผนังนาน 0.05 s

1. นักเรียนคิดว่าโจทย์ปัญหานี้ต้องการทราบสิ่งใด

.....

.....

2. โจทย์ปัญหานี้กำหนดสิ่งใดมาให้บ้าง

.....

.....

3. โจทย์ปัญหานี้มีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมบ้าง

.....

.....

4. วาดภาพและระบุสัญลักษณ์ตัวแปรประกอบการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างไร

เวลา .....6.....นาที	เวลาสะสม .....10.....นาที	

สถานการณ์ที่ 1

ถ้านักเรียนเตะลูกบอลมวล 0.5 kg ทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 20 m/s เข้าชนฝาผนังในแนวตั้งฉาก แล้วสะท้อนกลับออกมาในแนวเดิมด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม การดลของลูกบอลและแรงเฉลี่ยที่ฝาผนังกระทำต่อลูกบอลมีค่าเท่าใด ถ้าลูกบอลกระทบฝาผนังนาน 0.05 s

5. โจทย์ปัญหานี้ใช้หลักการหรือทฤษฎีอะไรที่นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้บ้าง

.....

.....

6. โจทย์ปัญหานี้ใช้สูตรหรือสมการใดในการแก้ปัญหา

.....

.....

7. โจทย์ปัญหานี้มีขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างไร

.....

.....

.....

.....

8. โจทย์ปัญหานี้นักเรียนสามารถจัดกลุ่มคำและสร้างแผนผังมโนทัศน์อย่างไรได้บ้าง

เวลา .....5.....นาที	เวลาสะสม .....15.....นาที	

สถานการณ์ที่ 1

ถ้านักเรียนเตะลูกบอลมวล 0.5 kg ทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 20 m/s เข้าชนฝาผนังในแนวตั้งฉาก แล้วสะท้อนกลับออกมาในแนวเดิมด้วยอัตราเร็วเท่าเดิม การดลของลูกบอลและแรงเฉลี่ยที่ฝาผนังกระทำต่อลูกบอลมีค่าเท่าใด ถ้าลูกบอลกระทบฝาผนังนาน 0.05 s

9. โจทย์ปัญหานี้ดำเนินการแก้ปัญหาอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. คำตอบของโจทย์ปัญหานี้

.....

.....

11. คำตอบที่ได้ถูกต้องครบถ้วนตามที่โจทย์ถามหรือไม่ และตอบหน่วยถูกต้องหรือไม่

.....

.....

ตัวอย่างแบบสอบถามความพึงพอใจ

ตัวอย่างแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้
โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งพิจารณา 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา และด้านกิจกรรมการเรียนการรู้ จึงขอความร่วมมือได้โปรดตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อตามความเป็นจริง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุง การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ให้ดียิ่งขึ้น คำตอบของนักเรียนเป็นการแสดงความคิดเห็น ซึ่งไม่ถือว่าถูกหรือผิด ดังนั้นขอให้นักเรียนตอบให้ตรงกับความคิดเห็นและความรู้สึกที่แท้จริงของนักเรียนมากที่สุด

แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้สอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ฯ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามฉบับนี้ ถือเป็นความลับและไม่มีผลกระทบต่อสถานภาพของนักเรียน การนำเสนอข้อมูลจะนำเสนอในภาพรวม เพื่อประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ให้ทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องตามเพศของนักเรียน

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ตอนที่ 2 แบบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ฯ

ให้ทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องตามความพึงพอใจของนักเรียน

คำถาม	ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด ----------> น้อยที่สุด				
	5	4	3	2	1
ด้านเนื้อหา					
1. เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์					
2. เนื้อหาไม่มีความชัดเจนในการอธิบาย					
3. เนื้อหามีการใช้คำที่เรียบง่ายและเข้าใจง่าย					
4. เนื้อหามีความซับซ้อนและยากต่อการเข้าใจ					
5. มีการเรียงเนื้อหาจากง่ายไปยากตามลำดับ					
6. ……..					
10. ความรู้จากเนื้อหานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้					
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
11. ข้าพเจ้าอยากให้จัดกิจกรรมการเรียนแบบนี้บ่อย ๆ					
12. ข้าพเจ้าไม่ชอบกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้					
13. ข้าพเจ้าสนุกและมีความสุขในการเรียน					
14. ข้าพเจ้าเกิดความเครียดเมื่อร่วมทำกิจกรรม					
15. ข้าพเจ้ามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น					
16. ……					
20. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ช่วยพัฒนาทักษะการให้เหตุผล					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถาม

……

……

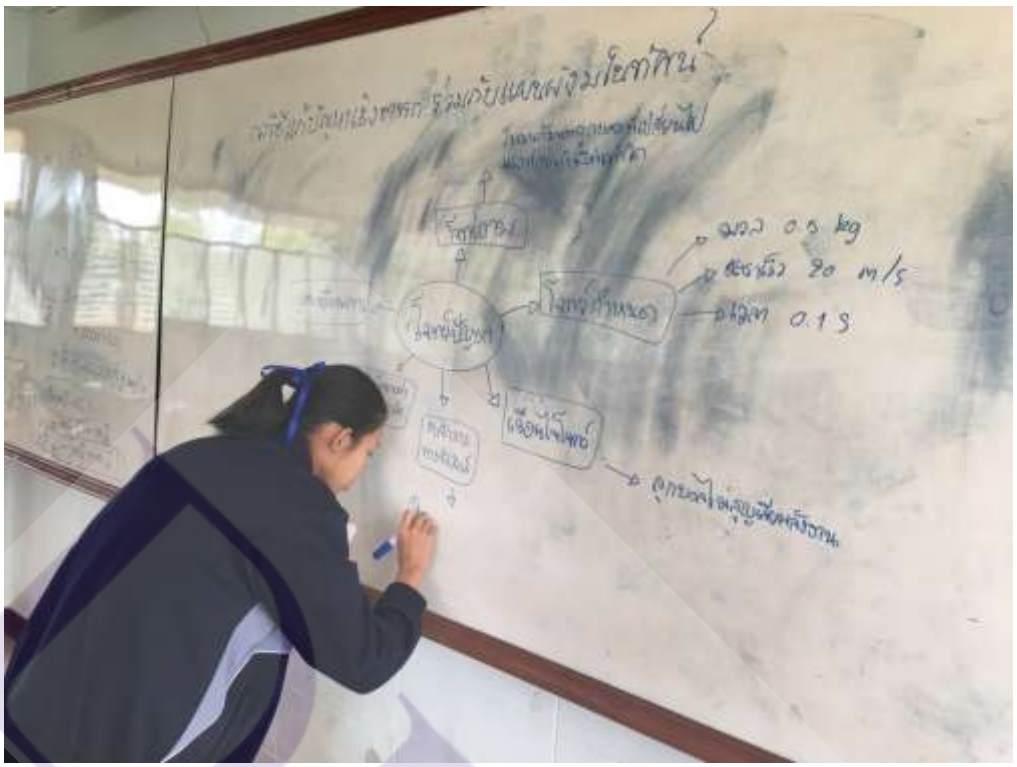
……

ภาคผนวก ค

ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา

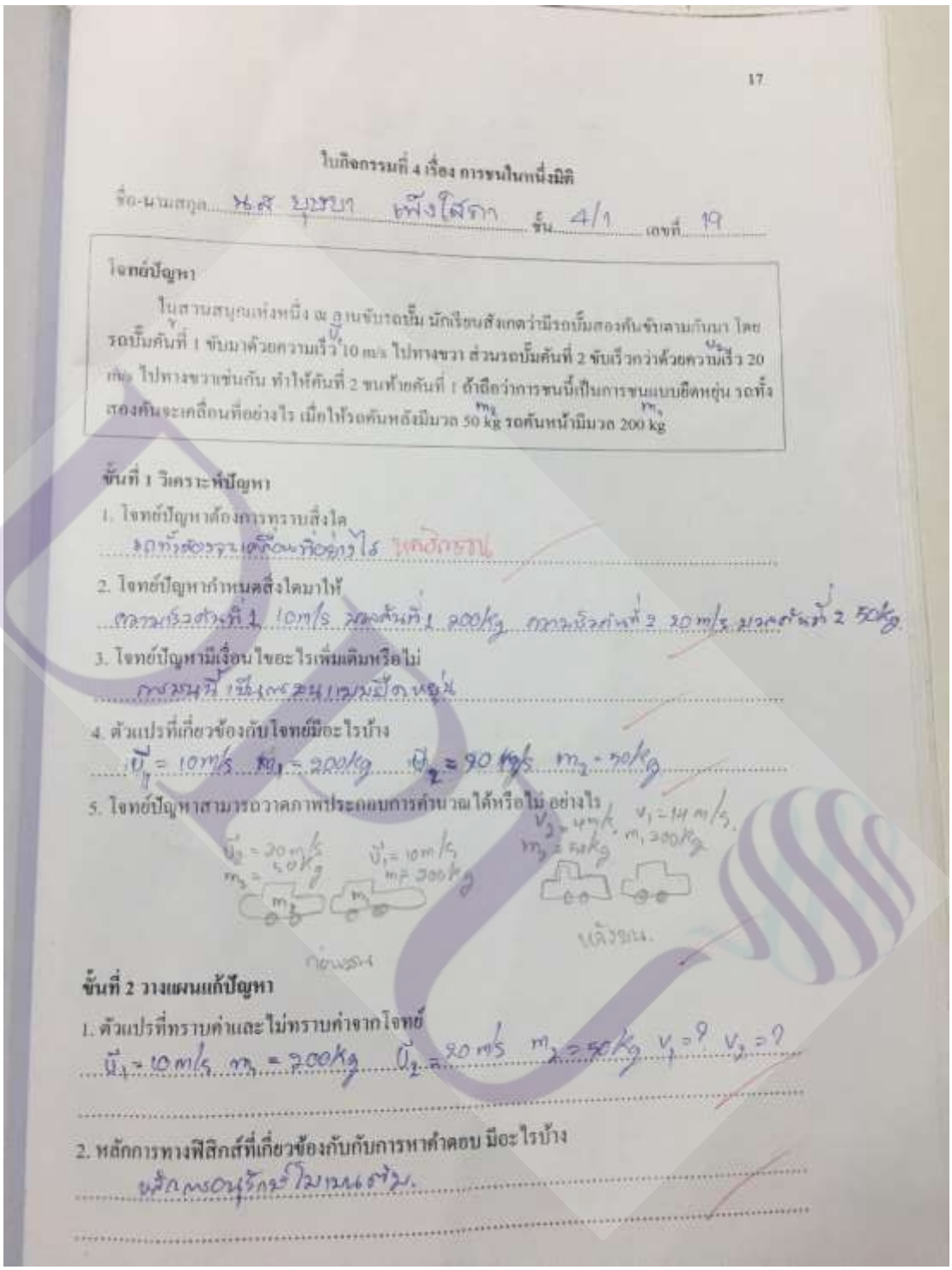
ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา



ขั้นที่ 3 สร้างแผนผังมโนทัศน์

ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ



17

ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ

ชื่อ-นามสกุล นส บุษบา เพ็งใสสกา ชั้น 4/1 เลขที่ 19

โจทย์ปัญหา

ในสนามสนุนแห่งหนึ่ง ณ ลานขับรถปั๊ม นักเรียนสังเกตว่ามีรถปั๊มสองคันขับตามกันมา โดยรถปั๊มคันที่ 1 ขับมาด้วยความเร็ว v_1 10 m/s ไปทางขวา ส่วนรถปั๊มคันที่ 2 ขับเร็วกว่าด้วยความเร็ว v_2 20 m/s ไปทางขวาเช่นกัน ทำให้คันที่ 2 ชนท้ายคันที่ 1 ถ้าถือว่าการชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่น รถทั้งสองคันจะเคลื่อนที่อย่างไร เมื่อให้รถคันหลังมีมวล 50 kg (m_2) รถคันหน้ามีมวล 200 kg (m_1)

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา

1. โจทย์ปัญหาต้องการทราบสิ่งใด

รถทั้งสองจะเคลื่อนที่อย่างไร โดยใช้กฎ

2. โจทย์ปัญหากำหนดสิ่งใดมาให้

ความเร็วต้นที่ 1 10 m/s มวลคันที่ 1 200 kg ความเร็วต้นที่ 2 20 m/s มวลคันที่ 2 50 kg

3. โจทย์ปัญหามีเงื่อนไขอะไรเพิ่มเติมหรือไม่

การชนนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่น

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์มีอะไรบ้าง

$u_1 = 10$ m/s $m_1 = 200$ kg $u_2 = 20$ m/s $m_2 = 50$ kg

5. โจทย์ปัญหาสามารถวาดภาพประกอบการคำนวณได้หรือไม่ อย่างไร

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

1. ตัวแปรที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าจากโจทย์

$u_1 = 10$ m/s $m_1 = 200$ kg $u_2 = 20$ m/s $m_2 = 50$ kg $v_1 = ?$ $v_2 = ?$

2. หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกับการหาคำตอบ มีอะไรบ้าง

หลักการอนุรักษ์โมเมนตัม

ผลงานนักเรียน

3. สูตร/สมการ ที่ใช้สำหรับการแก้โจทย์ปัญหา มีอะไรบ้าง

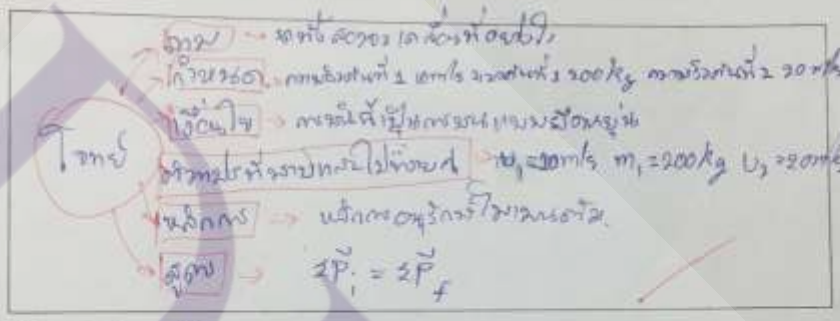
$\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$ และ $\vec{U}_1 + \vec{V}_1 = \vec{U}_2 + \vec{V}_2$

4. วิธีการแก้ปัญหาหรือวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างไร

หาความสัมพันธ์ของ $\vec{V}_1$ และ $\vec{V}_2$ โดยใช้ $\vec{U}_1 + \vec{V}_1 = \vec{U}_2 + \vec{V}_2$ ร่วมด้วย

ขั้นที่ 3 สร้างแผนผังมโนทัศน์

สร้างแผนผังมโนทัศน์ จากที่ได้ตอบคำถามในขั้นที่ 1 และ 2 นักเรียนสามารถสร้างแผนผังความคิดอย่างไรได้บ้าง



ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ปัญหา

1. แสดงวิธีหาคำตอบ

$\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_f$

$m_1\vec{U}_1 + m_2\vec{U}_2 = m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2$

$200(10) + 50(20) = 200(10+\vec{V}_2) + 50\vec{V}_2$

$3000 = 2000 + 200\vec{V}_2 + 50\vec{V}_2$

$3000 = 2000 + 250\vec{V}_2$

$1000 = 250\vec{V}_2 \rightarrow \vec{V}_2 = 4$ m/s

$\vec{U}_1 + \vec{V}_1 = \vec{U}_2 + \vec{V}_2$

$10 + \vec{V}_1 = 20 + \vec{V}_2$

$\vec{V}_1 = \vec{V}_2 + 20 - 10$

$\vec{V}_1 = 10 + \vec{V}_2$

$\vec{V}_1 = 10 + 4$

$V_1 = 14$ m/s

2. คำตอบที่โจทย์ต้องการ มีอะไรบ้าง

ความเร็วของ $\vec{V}_1$ และ $\vec{V}_2$ คือ 14 m/s และ 4 m/s

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ

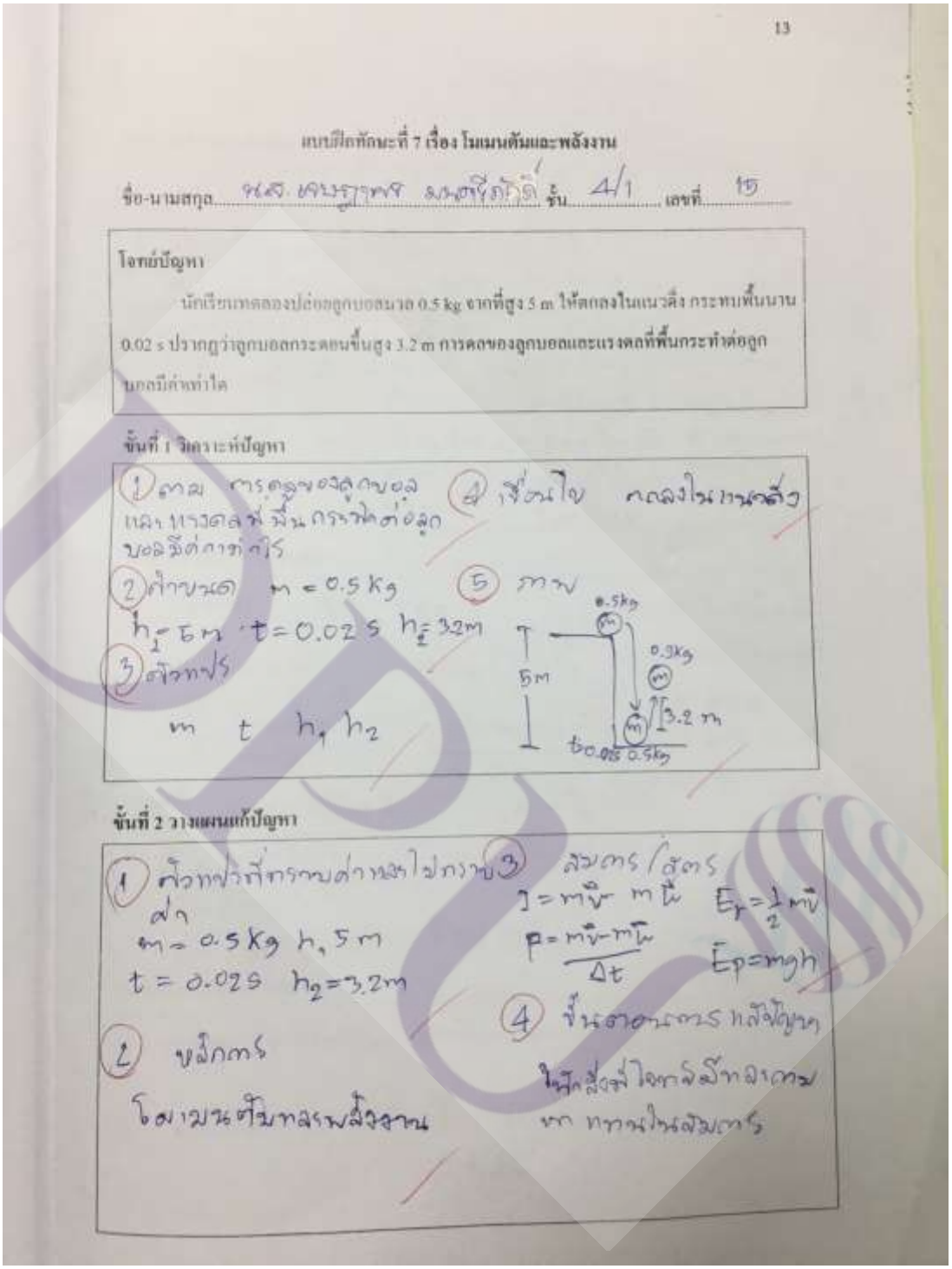
1. คำตอบที่ได้ถูกต้องครบถ้วนตามที่โจทย์ต้องการหรือไม่

รถคันที่ 1 จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 14 m/s รถคันที่ 2 จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 4 m/s

2. หน่วยของคำตอบถูกต้องหรือไม่

V มีหน่วย m/s

ผลงานนักเรียน



13

แบบฝึกทักษะที่ 7 เรื่อง โมเมนตัมและพลังงาน

ชื่อ-นามสกุล ... ชั้น 4/1 เลขที่ 15

โจทย์ปัญหา

นักเรียนทดลองปล่อยลูกบอลมวล 0.5 kg จากที่สูง 5 m ให้ตกลงในแนวดิ่ง กระทบพื้นนาน 0.02 s ปรากฏว่าลูกบอลกระดอนขึ้นสูง 3.2 m การดลของลูกบอลและแรงดลที่พื้นกระทำต่อลูกบอลมีค่าเท่าใด

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา

1) ตอบ การดลของลูกบอลและแรงดลที่พื้นกระทำต่อลูกบอลมีค่าเท่ากัน

2) ทราบว่า $m = 0.5\ kg$ $h_1 = 5\ m$ $t = 0.02\ s$ $h_2 = 3.2\ m$

3) ตัวแปร m t h_1 h_2

4) เชื่อมโยง กลางในทางตรง

5) รูป

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

1) ตัวแปรที่ทราบค่าหรือไม่ทราบค่า

$m = 0.5\ kg$ $h_1 = 5\ m$

$t = 0.02\ s$ $h_2 = 3.2\ m$

2) ขั้นตอน

โมเมนตัมและพลังงาน

3) สมการ/สูตร

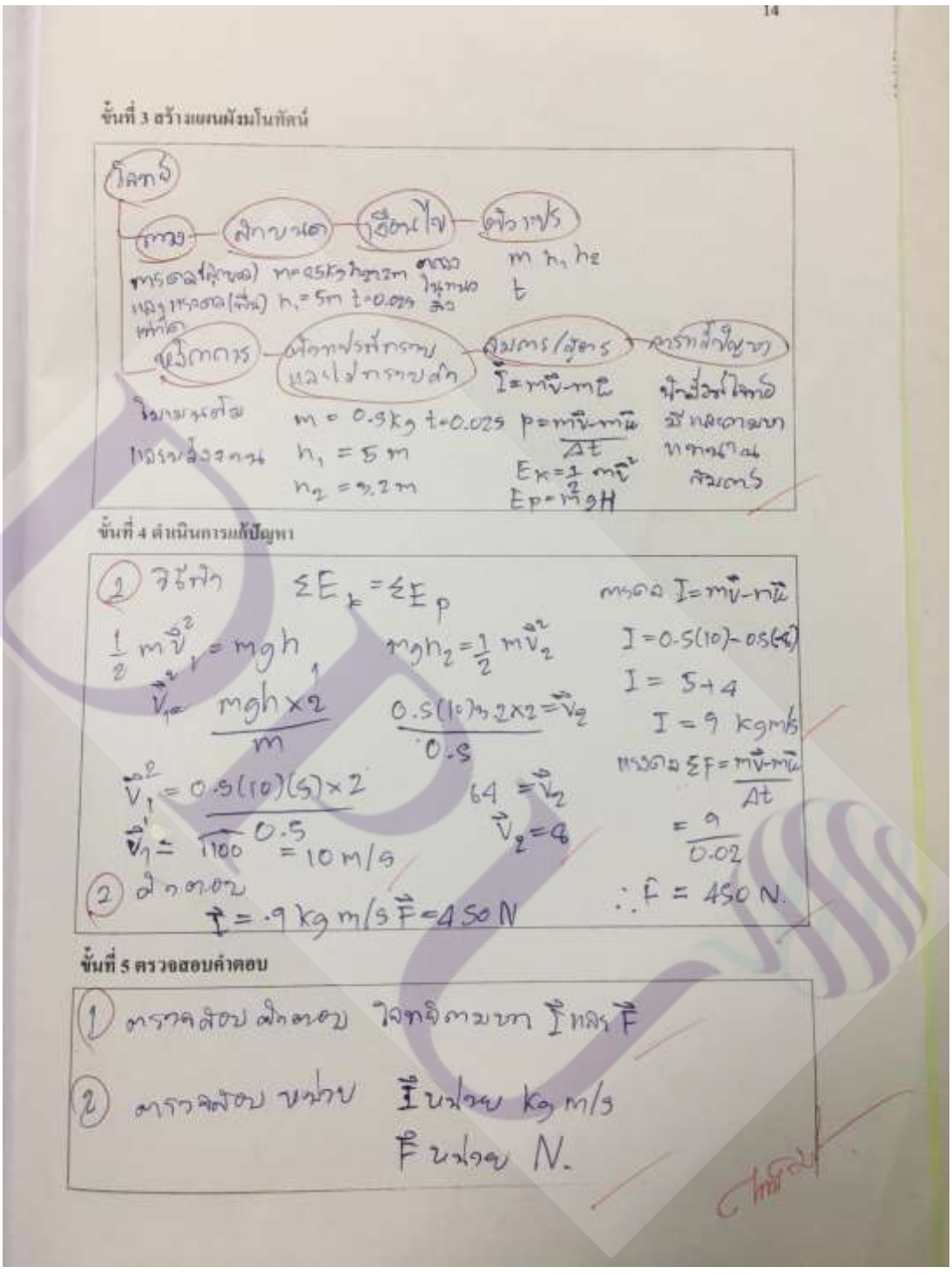
$I = m\vec{v} - m\vec{u}$ $E_k = \frac{1}{2}m\vec{v}$

$F = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta t}$ $E_p = mgh$

4) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

ใช้สูตรที่ได้จากขั้นที่ 3 มาแทนในสมการ

ผลงานนักเรียน



ผลงานนักเรียน

ภาคผนวก ง
การเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 1 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			*IOC*	แปลผล
	1	2	3		
1. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหา	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนและสัมพันธ์กัน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนถูกต้องครอบคลุมเนื้อหาสาระ	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4. เนื้อหากิจกรรมการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับจำนวนเวลาที่กำหนด	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมแก่การนำไปใช้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีความสะดวกในการนำไปใช้	1	1	0	0.67	ใช้ได้
7. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียนและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	1	1	0	0.67	ใช้ได้
8. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้นี้สามารถพัฒนานักเรียนตามหลักการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหา	1	1	1	1.00	ใช้ได้
9. แต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
10. มีการวัดผลและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			*IOC*	แปลผล
	1	2	3		
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. สาระสำคัญมีความชัดเจน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 3 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			*IOC*	แปลผล
	1	2	3		
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. สาระสำคัญมีความชัดเจน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 4 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดลและแรงดล โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			*IOC*	แปลผล
	1	2	3		
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. สาระสำคัญมีความชัดเจน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 5 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			*IOC*	แปลผล
	1	2	3		
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. สาระสำคัญมีความชัดเจน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	1	0	1	0.67	ใช้ได้
4. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 6 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนในสองมิติ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			*IOC*	แปลผล
	1	2	3		
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. สาระสำคัญมีความชัดเจน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	1	0	1	0.67	ใช้ได้
4. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 7 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 การระเบิด โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			*IOC*	แปลผล
	1	2	3		
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. สาระสำคัญมีความชัดเจน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 8 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 โมเมนตัมและพลังงาน โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			*IOC*	แปลผล
	1	2	3		
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. สาระสำคัญมีความชัดเจน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา	1	0	1	0.67	ใช้ได้
4. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 9 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			*IOC*	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	0	1	0.67	ใช้ได้
3	0	1	1	0.67	ใช้ได้
4	1	0	1	0.67	ใช้ได้
5	1	1	0	0.67	ใช้ได้
6	0	1	1	0.67	ใช้ได้
7	1	1	1	1.00	ใช้ได้
8	1	0	1	0.67	ใช้ได้
9	1	1	0	0.67	ใช้ได้
10	1	1	1	1.00	ใช้ได้
11	0	0	0	0.00	ใช้ไม่ได้
12	1	1	1	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1.00	ใช้ได้
14	1	1	1	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	1.00	ใช้ได้
16	1	1	0	0.67	ใช้ได้
17	1	1	1	1.00	ใช้ได้
18	1	1	1	1.00	ใช้ได้
19	1	1	1	1.00	ใช้ได้
20	1	0	1	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			*IOC*	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
21	1	1	1	1.00	ใช้ได้
22	1	1	1	1.00	ใช้ได้
23	1	1	1	1.00	ใช้ได้
24	1	1	0	0.67	ใช้ได้
25	1	1	1	1.00	ใช้ได้
26	1	1	1	1.00	ใช้ได้
27	1	1	1	1.00	ใช้ได้
28	1	1	1	1.00	ใช้ได้
29	1	1	1	1.00	ใช้ได้
30	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 10 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดทักษะการให้เหตุผล เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			*IOC*	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 11 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดทักษะการให้เหตุผล เป็นข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			*IOC*	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 12 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะการให้เหตุผล ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			*IOC*	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 13 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			*IOC*	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4	1	0	1	0.67	ใช้ได้
5	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1.00	ใช้ได้
9	1	0	1	0.67	ใช้ได้
10	1	0	1	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ 14 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			*IOC*	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			*IOC*	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
10	1	1	1	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1.00	ใช้ได้
14	1	1	1	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	1.00	ใช้ได้
16	1	1	1	1.00	ใช้ได้
17	1	1	1	1.00	ใช้ได้
18	1	1	1	1.00	ใช้ได้
19	1	1	1	1.00	ใช้ได้
20	1	1	1	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	1.00	ใช้ได้
22	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 15 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			*IOC*	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3	1	1	0	0.67	ใช้ได้
4	1	1	0	0.67	ใช้ได้
5	1	1	0	0.67	ใช้ได้
6	1	1	0	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ 16 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			*IOC*	แปลผล
	1	2	3		
1. เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์	1	0	1	0.67	ใช้ได้
2. เนื้อหาไม่มีความชัดเจนในการอธิบาย	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. เนื้อหามีการใช้คำที่เรียบง่ายและเข้าใจง่าย	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4. เนื้อหามีความซับซ้อนและยากต่อการเข้าใจ	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5. มีการเรียงเนื้อหาจากง่ายไปยากตามลำดับ	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6. เนื้อหาไม่เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	1	0	1	0.67	ใช้ได้
7. ข้าพเจ้าเข้าใจเนื้อหาภาคทฤษฎีมากขึ้น	1	1	1	1.00	ใช้ได้
8. ความรู้จากเนื้อหานี้สามารถเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้บทต่อไป	1	1	1	1.00	ใช้ได้
9. ความรู้ที่ได้รับสามารถบูรณาการกับรายวิชาหรือกลุ่มสาระฯ อื่นได้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
10. ความรู้จากเนื้อหานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
11. ข้าพเจ้าอยากให้จัดกิจกรรมการเรียนแบบนี้บ่อยๆ	1	1	1	1.00	ใช้ได้
12. ข้าพเจ้าไม่ชอบกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
13. ข้าพเจ้าสนุกและมีความสุขในการเรียน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
14. ข้าพเจ้าเกิดความเครียดเมื่อร่วมทำกิจกรรม	1	1	1	1.00	ใช้ได้
15. ข้าพเจ้ามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น	1	1	1	1.00	ใช้ได้
16. ข้าพเจ้ามีความตื่นตัวในการเรียนมากขึ้น	1	1	1	1.00	ใช้ได้
17. กิจกรรมการเรียนรู้มีระยะเวลาที่เหมาะสม	1	1	1	1.00	ใช้ได้
18. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนาการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 16 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			*IOC*	แปลผล
	1	2	3		
19. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ช่วยพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา	1	1	1	1.00	ใช้ได้
20. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ช่วยพัฒนาทักษะการให้เหตุผล	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 17 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (N = 30)

ข้อที่	H	L	p	r	แปลผล
1	7	2	0.30	0.33	คัดเลือกไว้
2	9	5	0.47	0.27	คัดเลือกไว้
3	10	8	0.60	0.13	ตัดทิ้ง
4	8	2	0.33	0.40	คัดเลือกไว้
5	11	5	0.53	0.40	คัดเลือกไว้
6	3	3	0.20	0.00	ตัดทิ้ง
7	8	4	0.40	0.27	คัดเลือกไว้
8	1	3	0.13	-0.13	ตัดทิ้ง
9	11	6	0.57	0.33	คัดเลือกไว้
10	0	2	0.07	-0.13	ตัดทิ้ง
11	0	2	0.07	-0.13	ตัดทิ้ง
12	8	2	0.33	0.40	คัดเลือกไว้
13	6	2	0.27	0.27	คัดเลือกไว้
14	11	6	0.57	0.33	คัดเลือกไว้

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ข้อที่	H	L	p	r	แปลผล
15	8	2	0.33	0.40	คัดเลือกไว้
16	2	1	0.10	0.07	ตัดทิ้ง
17	9	6	0.50	0.20	คัดเลือกไว้
18	3	1	0.13	0.13	ตัดทิ้ง
19	10	3	0.43	0.47	คัดเลือกไว้
20	8	2	0.33	0.40	คัดเลือกไว้
21	9	2	0.37	0.47	คัดเลือกไว้
22	2	1	0.10	0.07	ตัดทิ้ง
23	11	3	0.47	0.53	คัดเลือกไว้
24	7	1	0.27	0.40	คัดเลือกไว้
25	4	5	0.30	-0.07	ตัดทิ้ง
26	7	3	0.33	0.27	คัดเลือกไว้
27	10	3	0.43	0.47	คัดเลือกไว้
28	10	2	0.40	0.53	คัดเลือกไว้
29	9	5	0.47	0.27	คัดเลือกไว้
30	6	4	0.33	0.13	ตัดทิ้ง

หมายเหตุ

1. ข้อสอบทั้งหมด 20 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) ตามเกณฑ์ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
2. ข้อสอบมีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.27 – 0.57 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 – 0.53
3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78

ตารางที่ 18 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะการให้เหตุผล ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก (N = 30)

ข้อที่	H	L	p	r	แปลผล
1	14	6	0.67	0.53	คัดเลือกไว้
2	11	2	0.43	0.60	คัดเลือกไว้
3	10	1	0.37	0.60	คัดเลือกไว้
4	14	3	0.57	0.73	คัดเลือกไว้
5	9	2	0.37	0.47	คัดเลือกไว้
6	12	3	0.50	0.60	คัดเลือกไว้

หมายเหตุ

1. ข้อสอบทั้งหมด 6 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) ตามเกณฑ์ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
2. ข้อสอบมีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.37 – 0.67 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.47 – 0.60
3. แบบวัดทักษะการให้เหตุผลมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.71

ตารางที่ 19 แสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะการให้เหตุผล ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) (N = 30)

Correlations

		Teacher1	Teacher2
Teacher1	Pearson Correlation	1	.946**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
Teacher2	Pearson Correlation	.946**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

หมายเหตุ แบบวัดทักษะการให้เหตุผล ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) มีค่าความเชื่อมั่น 0.95

ตารางที่ 20 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก (N = 30)

ข้อที่	H	L	p	r	แปลผล
1	13	6	0.63	0.47	คัดเลือกไว้
2	12	5	0.57	0.47	คัดเลือกไว้
3	10	4	0.47	0.40	คัดเลือกไว้
4	14	4	0.60	0.67	คัดเลือกไว้
5	7	1	0.27	0.40	คัดเลือกไว้
6	10	6	0.53	0.27	คัดเลือกไว้
7	11	5	0.53	0.40	คัดเลือกไว้
8	6	1	0.23	0.33	คัดเลือกไว้
9	12	4	0.53	0.53	คัดเลือกไว้
10	9	3	0.40	0.40	คัดเลือกไว้

หมายเหตุ

1. ข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) ตามเกณฑ์ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
2. ข้อสอบมีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.23 – 0.63 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.27 – 0.67
3. แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.69

ตารางที่ 21 แสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) (N = 30)

Correlations

		Teacher1	Teacher1
Teacher1	Pearson Correlation	1	.921**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	30	30
Teacher1	Pearson Correlation	.921**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	30	30

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

หมายเหตุ แบบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ข้อสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) มีค่าความเชื่อมั่น 0.92

ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาผลต่าง (D) และผลต่างกำลังสอง (D^2)

นักเรียน คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D^2
1	4	13	9	81
2	5	9	4	16
3	6	7	1	1
4	6	13	7	49
5	5	7	2	4
6	5	6	1	1
7	2	4	2	4
8	4	5	1	1
9	3	9	6	36
10	5	10	5	25
11	3	6	3	9
12	3	11	8	64
13	4	5	1	1
14	6	10	4	16
15	6	12	6	36
16	6	6	0	0
17	6	10	4	16
18	8	13	5	25
19	6	10	4	16
20	7	9	2	4
21	2	8	6	36
22	6	9	3	9

ตารางที่ 22 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D^2
23	6	8	2	4
24	5	8	3	9
25	5	9	4	16
26	4	9	5	25
27	4	7	3	9
28	8	12	4	16
29	8	9	1	1
30	2	14	12	144
31	7	12	5	25
32	5	9	4	16
33	3	5	2	4
34	3	5	2	4
35	8	13	5	25
36	10	16	6	36
37	8	8	0	0
รวม	**194**	**336**	**142**	**784**
$\bar{x}$	**5.24**	**9.08**	**3.84**	**21.19**
S.D.	**1.95**	**2.91**	**2.58**	**27.74**

การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1

Paired Samples Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ก่อนเรียน	37	5.24	1.949	0.320
	หลังเรียน	37	9.08	2.910	0.478

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ

D แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

N แทน จำนวนคู่

df แทน ความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับ $N-1$

แทนค่าสูตร $t = \frac{142}{\sqrt{\frac{(37)(784) - (142)^2}{37-1}}}$

$t = 9.06$

ตารางที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการให้เหตุผลก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาผลต่าง (D) และผลต่างกำลังสอง (D^2)

นักเรียน คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D^2
1	6	12	6	36
2	6	10	4	16
3	6	9	3	9
4	9	11	2	4
5	7	7	0	0
6	6	12	6	36
7	8	10	2	4
8	6	10	4	16
9	3	5	2	4
10	7	9	2	4
11	4	7	3	9
12	6	11	5	25
13	3	7	4	16
14	7	11	4	16
15	7	13	6	36
16	7	9	2	4
17	7	12	5	25
18	7	13	6	36
19	8	12	4	16
20	9	11	2	4
21	9	12	3	9
22	3	10	7	49

ตารางที่ 23 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D^2
23	7	12	5	25
24	5	9	4	16
25	8	12	4	16
26	5	10	5	25
27	5	8	3	9
28	6	13	7	49
29	7	11	4	16
30	7	12	5	25
31	7	14	7	49
32	9	11	2	4
33	3	6	3	9
34	7	11	4	16
35	6	9	3	9
36	3	14	11	121
37	8	14	6	36
รวม	**234**	**389**	**155**	**799**
$\bar{x}$	**6.32**	**10.51**	**4.19**	**21.60**
S.D.	**1.77**	**2.24**	**2.04**	**21.79**

การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2

Paired Samples Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ก่อนเรียน	37	6.32	1.765	0.290
	หลังเรียน	37	10.51	2.244	0.369

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ

D แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

N แทน จำนวนคู่

df แทน ความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับ $N-1$

แทนค่าสูตร $t = \frac{155}{\sqrt{\frac{(37)(799) - (155)^2}{37-1}}}$

$t = 12.50$

ตารางที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาผลต่าง (D) และผลต่างกำลังสอง (D^2)

นักเรียน คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D^2
1	13	46	33	1089
2	14	49	35	1225
3	10	27	17	289
4	9	35	26	676
5	10	21	11	121
6	15	20	5	25
7	10	21	11	121
8	14	28	14	196
9	9	14	5	25
10	13	32	19	361
11	11	17	6	36
12	13	29	16	256
13	4	21	17	289
14	15	41	26	676
15	6	31	25	625
16	11	20	9	81
17	17	40	23	529
18	17	53	36	1296
19	15	38	23	529
20	8	28	20	400
21	12	34	22	484
22	9	40	31	961

ตารางที่ 24 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D^2
23	15	22	7	49
24	12	22	10	100
25	19	35	16	256
26	16	36	20	400
27	8	16	8	64
28	15	46	31	961
29	16	28	12	144
30	15	33	18	324
31	13	45	32	1024
32	10	30	20	400
33	10	35	25	625
34	9	21	12	144
35	15	23	8	64
36	15	40	25	625
37	15	35	20	400
รวม	**458**	**1152**	**694**	**15870**
$\bar{x}$	**12.38**	**31.14**	**18.76**	**428.92**
S.D.	**3.37**	**9.96**	**8.90**	**359.28**

การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3

Paired Samples Statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ก่อนเรียน	37	12.38	3.369	0.554
	หลังเรียน	37	31.14	9.964	1.638

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ

D แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

N แทน จำนวนคู่

df แทน ความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับ $N-1$

แทนค่าสูตร $t = \frac{694}{\sqrt{\frac{(37)(15870) - (694)^2}{37-1}}}$

$t = 12.82$

การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 – 6

Correlations

		ให้เหตุผล	แก้โจทย์	ผลสัมฤทธิ์
ให้เหตุผล	Pearson Correlation	1	.601**	.542**
	Sig. (2-tailed)		.000	.001
	N	37	37	37
แก้โจทย์	Pearson Correlation	.601**	1	.592**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	37	37	37
ผลสัมฤทธิ์	Pearson Correlation	.542**	.592**	1
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	
	N	37	37	37

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

การทดสอบสมมติฐานข้อที่ 7

ด้านเนื้อหา

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
หลังเรียน	37	4.20	.443	.073

One-Sample Test

	Test Value = 3.5					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
หลังเรียน	9.659	36	.000	.703	.56	.85

ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
หลังเรียน	37	4.24	.428	.070

One-Sample Test

	Test Value = 3.5					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
หลังเรียน	10.513	36	.000	.741	.60	.88

ภาพรวม

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
หลังเรียน	37	4.22	.401	.066

One-Sample Test

	Test Value = 3.5					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
หลังเรียน	10.947	36	.000	.722	.59	.86

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้นำเสนอการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน
2. ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้

1. ข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน โดยใช้สถิติเบื้องต้นด้วยวิธีการแจกแจงความถี่ และร้อยละ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เป็นเพศหญิง แสดงผลดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	9	24.32
หญิง	28	75.68
รวม	**37**	**100.00**

2. ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้

จากความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังโนทัศน์ ผู้วิจัยสามารถจัดแยกความคิดเห็นได้ดังนี้

2.1 ด้านเนื้อหา

"...ได้ฝึกทำโจทย์ในรูปแบบต่าง ๆ มากขึ้น…"

"...อยากให้สอนการแก้โจทย์ปัญหามากขึ้น..."

"...ได้ใช้ความคิดมากขึ้น..."

"...เนื้อหาการสอนเข้าใจง่ายดี..."

จากความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหา พบว่า นักเรียนได้ใช้ความคิดในการเรียนรู้มากขึ้น ได้ฝึกทำโจทย์ในรูปแบบต่าง ๆ มากขึ้น และเนื้อหาที่เรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย

2.1 ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

"...กิจกรรมนี้ช่วยพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา..."

"...ทำให้เข้าใจมากขึ้นและเข้าใจง่าย..."

"...สนุกกับการเรียนฟิสิกส์..."

"...รูปแบบการสอนเข้าใจง่ายมีการปฏิบัติร่วมด้วย..."

"...การสอนของครูถือว่าสนุก ทุกคนมีส่วนร่วม ไม่เครียดมาก..."

จากความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนได้พัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา และมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมทำให้เข้าใจมากขึ้น อีกทั้งยังสนุกกับการเรียน

ตารางที่ 26 แสดงผลความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ รายข้อ

รายการประเมิน	$\overline{X}$	*S.D.*	แปลผล
ด้านเนื้อหา	**4.20**	**0.44**	**มาก**
1. เนื้อหามีความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์	4.62	0.55	มากที่สุด
2. เนื้อหาไม่มีความชัดเจนในการอธิบาย	3.65	1.16	มาก
3. เนื้อหามีการใช้คำที่เรียบง่ายและเข้าใจง่าย	4.11	0.97	มาก
4. เนื้อหามีความซับซ้อนและยากต่อการเข้าใจ	3.70	0.94	มาก
5. มีการเรียงเนื้อหาจากง่ายไปยากตามลำดับ	4.24	0.89	มาก
6. เนื้อหาไม่เหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.32	1.20	มาก
7. ข้าพเจ้าเข้าใจเนื้อหาภาคทฤษฎีมากขึ้น	4.16	0.76	มาก
8. ความรู้จากเนื้อหานี้สามารถเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้บทต่อไป	4.57	0.60	มากที่สุด
9. ความรู้ที่ได้รับสามารถบูรณาการกับรายวิชาหรือกลุ่มสาระฯ อื่นได้	4.32	0.75	มาก
10. ความรู้จากเนื้อหานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.32	0.78	มาก
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	**4.24**	**0.43**	**มาก**
11. ข้าพเจ้าอยากให้จัดกิจกรรมการเรียนแบบนี้บ่อยๆ	4.27	0.77	มาก
12. ข้าพเจ้าไม่ชอบกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้	4.16	1.14	มาก
13. ข้าพเจ้าสนุกและมีความสุขในการเรียน	4.19	0.66	มาก
14. ข้าพเจ้าเกิดความเครียดเมื่อร่วมทำกิจกรรม	3.84	1.19	มาก
15. ข้าพเจ้ามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น	4.41	0.69	มาก
16. ข้าพเจ้ามีความตื่นตัวในการเรียนมากขึ้น	4.22	0.82	มาก
17. กิจกรรมการเรียนรู้มีระยะเวลาที่เหมาะสม	3.76	0.76	มาก
18. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยพัฒนาการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ	4.35	0.72	มาก
19. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ช่วยพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา	4.59	0.76	มากที่สุด
20. กิจกรรมการเรียนรู้นี้ช่วยพัฒนาทักษะการให้เหตุผล	4.62	0.59	มากที่สุด
รวม	**4.22**	**0.40**	**มาก**

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายณัฐวุฒิ ยกน้อยวงค์
ประวัติการศึกษา	ปี พ.ศ. 2556
	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์
	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

DPU