

การพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา
มิถุนายน 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต สาขาวิชา วิจัยและประเมินทางการศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร



ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤตยาภาณุจัน โตพิทักษ์ ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้ คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง สำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ จันทะคุณ คุณครูสุกัญญา นิรมพันธุ์ คุณครูจุฑามาศ ทรายแก้ว คุณครูวีรชิตพงศ์ พิศอ่อน และคุณครูการุญจิตร พิซไพจิตร ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จนทำให้การศึกษา ค้นคว้าครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

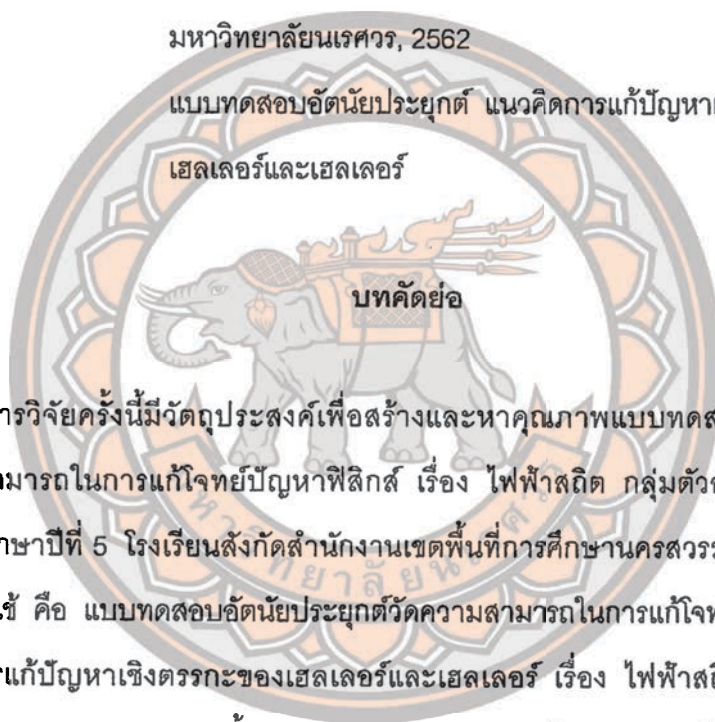
ขอขอบพระคุณ คุณครูสุนิรัตน์ ใจมยงค์ และคุณครูณัฏญา ลิ้มวัฒนา ที่กรุณาให้ ความร่วมมือในการทดลองทำแบบทดสอบของการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เชื้อเพื่อสถานที่ อำนวย ความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอขอบใจนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ให้ ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ คณะผู้ศึกษาค้นคว้าขออุทิศ แต่บิดามารดา และผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

ปาริฉัตร สินทร์พยไพบุลย์

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ผู้ศึกษาค้นคว้า	ปาริฉัตร สินทร์พยไพบุลย์
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากาญจน์ โตพิทักษ์
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562
คำสำคัญ	แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของ เฮลเลอร์และเฮลเลอร์



การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาคุณภาพแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์ จำนวน 250 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต วิเคราะห์ข้อมูลโดยการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเป็นปรนัยในการตรวจความเที่ยง และความตรงเชิงโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า

1) แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต มีจำนวน 4 เหตุการณ์ ๆ ละ 5 ข้อ จำนวน 20 ข้อเวลาที่ใช้แต่ละข้ออยู่ระหว่าง 3 – 4 นาที

2) คุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ พบว่า มีความตรงเชิงเนื้อหา (ค่า IOC = 1.00 ทุกข้อ) ความยากง่ายตั้งแต่ 0.41 – 0.59 อำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.37 – 0.89 ความเป็นปรนัยในการตรวจเท่ากับ 0.904 ความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.88 และความตรงเชิงโครงสร้าง โดยที่โมเดลการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ฟิลิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สอดคล้องกับข้อมูล
เชิงประจักษ์ (Chi-square = 9.428, df = 5, p = 0.932, RMSEA = 0.086)



Title THE DEVELOPMENT OF MODIFIED ESSAY QUESTION TEST OF PHYSICS PROBLEM SOLVING ABILITY BY HELLER AND HELLER'S LOGICAL PROBLEM ON STATIC ELECTRICITY FOR GRADE 11th STUDENTS

Authors Parichat Sinsappaiboon

Advisor Assistant Professor Krittayakan Topithak, Ph.D.

Academic Paper Independent Study M.Ed. in Educational Research and Evaluation, Naresuan University, 2019

Keywords Modified Essay Question Test, Heller and Heller's Logical

problem

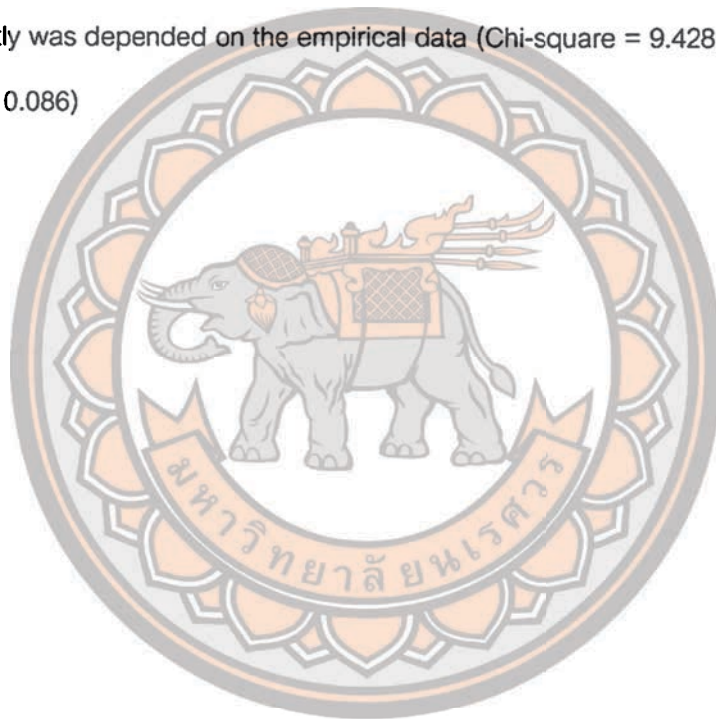
ABSTRACT

This research aims to construct and determine the quality of Modified Essay Question Test to evaluate the abilities of physics problem solving by Heller and Heller's Logical Problem on Static Electricity for 11th grade students. The samples of this study were based on 250 students in 11th grade of the schools in The Secondary Educational Service Area Office 42, Nakhonsawan Province, during the second semester of 2018. The instrument used in this research was the Modified Essay Question Test to evaluate the abilities of physics problem solving by Heller and Heller's Logical Problem on Static Electricity. The test provided 4 events. Data were analyzed using index of validity item-objective congruence: IOC, difficulty analysis, discrimination analysis, objectivity analysis, reliability analysis, and confirmatory factor analysis. The results are as follows:

1) The Modified Essay Question Test to evaluate the abilities of physics problem solving by Heller and Heller's Logical Problem on Static Electricity. The test provided 4

events, each test consisted of 5 questions including 20 items in total where each item lasted for 3-4 minutes.

2) The validation of the Modified Essay Question Test found that content validity (IOC index = 1.00), difficulty scale was 0.41 – 0.59, discrimination scale was 0.37 – 0.89, objectivity was 0.904, Internal consistency reliability was 0.88 and construct validity of the abilities of physics problem solving by Heller and Heller's Logical Problem model consistently was depended on the empirical data (Chi-square = 9.428, $df = 5$, $p = 0.932$, RMSEA = 0.086)



สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการศึกษา.....	5
ขอบเขตการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	11
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา.....	18
แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์.....	25
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	50
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	61
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	61
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	62
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	79
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	80
4 ผลการวิจัย.....	84
5 บทสรุป.....	104
สรุปผลการวิจัย.....	105
อภิปรายผลการวิจัย.....	107
ข้อเสนอแนะ.....	112

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	113
ภาคผนวก.....	118
ประวัติผู้วิจัย.....	151



สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงค่าดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล เชิงประจักษ์และเกณฑ์การพิจารณาตัดสินใจ.....	41
2	แสดงการแปลความหมายของค่าความยากง่าย.....	43
3	แสดงการแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก.....	45
4	แสดงรายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างใน การทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2.....	62
5	แสดงผลการเรียนรู้และเนื้อหาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สอดคล้องกับการแก้โจทย์ปัญหา ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.....	66
6	แสดงเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิด การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.....	88
7	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาและ ลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์.....	92
8	แสดงค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบ ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.....	95
9	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการตรวจของ ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์.....	98

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง		หน้า
10	แสดงค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบ อัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และ เฮลเลอร์.....	100
11	แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ,ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและ ค่าสถิติทดสอบที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ของการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตาม แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์.....	102



สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดงการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์....	60
2	แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์.....	63
3	แสดงโมเดลการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์....	101



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญในการพัฒนาประเทศ เพื่อให้ประเทศเจริญก้าวหน้าสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรม เนื่องจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรม อีกทั้งวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบระเบียบ มีแบบแผนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างดีถ้วนรอบคอบ และในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหลังการปฏิรูปการศึกษาก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบแตกต่างไปจากเดิม มีการให้ความสำคัญกับผู้เรียนมากยิ่งขึ้น โดยในการสอนครูต้องคำนึงถึงการเรียนรู้ของผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยวิธีต่าง ๆ มิใช่เพียงการถ่ายทอดความรู้เท่านั้น (ทศนา แคมมณี, 2552, หน้า 119)

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายประการหนึ่ง คือเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติอย่างเป็นระบบ ผลที่ได้จากการฝึกจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยวิธีการคิดอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้กระบวนการหรือวิธีการ ความรู้ ทักษะต่าง ๆ และความเข้าใจในปัญหานั้นมาประกอบกันเพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544, หน้า 8) ซึ่งการแก้ปัญหาถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิตอยู่ในสังคม ผู้มีทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นอย่างดีย่อมส่งผลต่อความสำเร็จในการใช้ชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อกล่าวถึงกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาสำหรับการจัดการเรียนการสอนแล้ว ผู้เรียนต้องได้รับการฝึกฝนและปลูกฝังให้เกิดขึ้นจนสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ทั้งในด้านการเรียน รวมไปถึงเกิดการเรียนรู้ทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหา เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวันซึ่งถือเป็นเป้าหมายสูงสุดของการศึกษา

ในการจัดการเรียนการสอนจะประกอบด้วยกระบวนการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล สิ่งเหล่านี้จะต้องพัฒนาควบคู่กันไปจึงจะประสบความสำเร็จ เพราะการวัด

และประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนการสอนที่จะสะท้อนให้เห็นว่าการเรียนการสอนบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ และผลที่ได้จะช่วยให้ครูพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้ประสบความสำเร็จในการเรียนมากที่สุด โดยการพัฒนาหรือปรับปรุงการเรียนการสอน จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดผลที่สามารถวัดความรู้และความคิดขั้นสูงได้ เครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งที่นิยมใช้ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ซึ่งในปัจจุบันการวัดและประเมินผลโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบบปรนัยและแบบอัตนัย โดยแบบทดสอบปรนัยเป็นแบบทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการวัดความรู้ที่เกี่ยวกับความจริง ความเข้าใจ และบางประเภทวัดทักษะการคิดได้ ส่วนแบบทดสอบแบบอัตนัยเหมาะสำหรับการวัดความสามารถด้านความเข้าใจ ทักษะในการคิด และการเรียนรู้ที่ซับซ้อน ความสามารถในการเลือกสรร การประมวลความคิด ความสามารถทางด้านการเขียนและทักษะในการแก้ปัญหามากกว่า (Gronlund, 1965, หน้า 108) โดยการเลือกใช้เครื่องมือวัดถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะทำให้การวัดผลนั้นถูกต้อง เชื่อถือได้ และจากการศึกษาผลวิจัยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาแบบวัดที่น่าสนใจอีกทางเลือกหนึ่งในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา คือ แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์หรือแบบทดสอบ เอ็ม อี คิว (Modified Essay Question Test: MEQ) ซึ่งเชื่อว่าวัดความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดี เนื่องจากแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบทดสอบมีความตรงเชิงสภาพ มีความแม่นยำร่วมสมัยในระดับสูง มีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนทั้งรายข้อและทั้งฉบับ รวมทั้งมีค่าความเที่ยงสูงกว่าแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ (ฐิติมา ฐิติรุ่งเรือง, 2544; ไตรรงค์ เจนการ, 2530; อามาลา สารชาติ, 2548) ทำให้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์เหมาะสำหรับการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์หรือแบบทดสอบ เอ็ม อี คิว มีการเริ่มใช้ครั้งแรกโดยคณะกรรมการราชวิทยาลัยเวชปฏิบัติทั่วไปแห่งสหราชอาณาจักร โดยมีนายฮอดกิ้นและน็อก เป็นผู้พัฒนาเพื่อใช้ในการทดสอบแพทย์ที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี แล้วเพื่อสอบเข้าเป็นสมาชิกของสมาคม (ภัทรพล แก้วเสนา, 2559, หน้า 3) โดยแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบทดสอบความเรียงรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจเหตุการณ์ที่ละขั้นตอนตามลำดับสถานการณ์ มีคำถามแทรกเป็นระยะ ผู้สอบจะต้องค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ด้วยตนเองตามเวลาที่กำหนด

แต่ละข้อ และไม่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขคำตอบก่อนหน้าหรือพลิกไปทำข้อต่อไปได้จนกว่าจะครบเวลาของข้อนั้น โดยแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์มีจุดเด่นอยู่ที่การเป็นแบบทดสอบที่สามารถประเมินผลสัมฤทธิ์ของผลการเรียนรู้ได้หลายด้านในแบบทดสอบชุดเดียวช่วยฝึกวิธีการคิดแก้ปัญหาให้เป็นระบบและวัดการประเมินการคิดแก้ปัญหาได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยลดโอกาสการเดาลงได้มาก ลดการลำเอียงในการตรวจให้คะแนน (กติกกร กมลรัตนสมบัติ, 2558, หน้า 19-20)

แต่อย่างไรก็ตามวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ต้องใช้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนที่สามารถบอกคำตอบของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ถูกต้อง ไม่ได้หมายความว่านักเรียนคนนั้นจะสามารถบอกกระบวนการคิดได้ถูกต้องด้วย ซึ่งกระบวนการคิดแก้โจทย์ปัญหาถือเป็นหัวใจที่สำคัญอย่างหนึ่งในวิชาฟิสิกส์ เนื่องจากการเรียนวิชาฟิสิกส์จะต้องอาศัยพื้นฐานในการคำนวณ เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นทฤษฎีและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ โดยมีการแก้โจทย์ปัญหาตามทีสถานการณ์กำหนด และแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ทั่วไปยังไม่มีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจน และผู้วิจัยพบว่านักเรียนแต่ละคนจะมีข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นารยากต่อครูผู้สอนในการที่จะทราบและแก้ไขข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนได้ทั่วถึงทุกคน หากมีแบบทดสอบที่มีขั้นตอนแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจนสามารถวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนได้ ก็จะเป็นการง่ายในการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น และจากผลการจัดการเรียนรู้ในปี 2559-2561 ที่ผ่านมามีพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนชุมแสงชนูทิศมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ทางโรงเรียนกำหนด และเมื่อพิจารณาตามหน่วยการเรียนรู้ พบว่าหน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำที่สุด เนื่องจากเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าส่วนใหญ่ต้องใช้ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหา เมื่อเจอโจทย์ปัญหาที่แตกต่างจากในชั้นเรียนนักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหานั้นได้ และอีกสาเหตุหนึ่ง อาจเป็นเพราะในการแก้โจทย์ปัญหาขาดขั้นตอนที่ชัดเจน ทำให้รู้สึกว้าววิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก ซึ่งปกติแล้วลักษณะเนื้อหาของวิชาฟิสิกส์จะมีความสัมพันธ์กันในแต่ละเรื่องทั้งทฤษฎีและการคำนวณ เมื่อผู้เรียนเกิดความไม่เข้าใจเรื่องใดเรื่องหนึ่งก็จะเป็นอุปสรรคต่อการเรียนในเรื่องต่อ ๆ ไป ดังนั้นหากมีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจนก็จะทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาฟิสิกส์มากขึ้น

สำหรับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหานั้นได้มีนักวิชาการศึกษาค้นคว้าไว้หลายท่านและ ผู้วิจัยพบว่ากลวิธีการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา ที่ชัดเจน มีการให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้ เน้นการประยุกต์ใช้หลักการทางฟิสิกส์มาแก้โจทย์ปัญหารวมถึงให้ความสำคัญกับกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการขยายความรู้และเห็นแนวทางที่จะนำมาใช้ในการแก้ โจทย์ปัญหานั้น โดยขั้นตอนสำคัญของแนวคิดแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (Heller and Heller, 2000) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสามารถสรุปได้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่ การเริ่มต้นในการแก้โจทย์ปัญหา โดยทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาและเขียนอธิบายด้วยแผนภาพ

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการเขียนแสดง ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ของตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า ให้สมบูรณ์

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนที่ต้องนำความสัมพันธ์ จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ไปสร้างเป็นสมการให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนดำเนินการหา คำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ และแก้สมการ เพื่อหา ค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ว่ามีความสมเหตุสมผลและถูกต้องตามที่โจทย์ถามหรือไม่

จากขั้นตอนข้างต้นจะเห็นว่าแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีขั้นตอนที่ชัดเจนและมีการเชื่อมโยงหลักการเข้ามาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ทำให้ผู้เรียนมี แนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ เน้นการฝึกคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผลซึ่งถือเป็น สิ่งที่ยากที่สุดของการแก้โจทย์ปัญหา

จากความสำคัญของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา แนวคิดการแก้ปัญหา เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ตลอดจนผลการวิจัยคุณภาพแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ร่วมกับแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

ของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มาใช้พัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบดังกล่าว เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพ และมีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนต่อไป

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา
เนื้อหาที่นำมาสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ คือ เรื่องไฟฟ้าสถิต
2. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์ เขต 42 จำนวน 58 โรงเรียน จำนวน 6,050 คน
กลุ่มตัวอย่างใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์ เขต 42 ที่ได้มาจาก ประชากร โดยการสุ่มหลายขั้นตอน จำนวน 250 คน

3. ขอบเขตของตัวแปร

ตัวแปรที่ศึกษา คือ คุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประกอบด้วยความตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในและความตรงเชิงโครงสร้าง

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่ผ่านการตรวจคุณภาพ
2. ได้แนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต
3. ได้แนวทางในการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ให้กับครูผู้สอน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์ และเฮลเลอร์ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามเนื้อหาเรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยมีการเสนอเหตุการณ์เป็นลำดับขั้นตอน แทรกคำถามเป็นระยะ ๆ นักเรียนต้องนำข้อมูลจากเหตุการณ์ที่เสนอ มาใช้ตัดสินใจเพื่อตอบคำถาม และต้องทำข้อสอบให้เสร็จที่ละหน้าตามเวลาที่กำหนด เนื่องจากไม่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขคำตอบในข้อที่ทำไปแล้วได้ ซึ่งข้อคำถามจะเขียนตามขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การเริ่มต้นในการแก้โจทย์ปัญหา โดยทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา เขียนอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบ ๆ เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบรวมถึงเขียนแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการเขียนแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ของตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า ให้สมบูรณ์โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนที่ต้องนำความสัมพันธ์จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ไปสร้างเป็นสมการให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการนำมาหาคำตอบ โดยทุกสมการที่นำมาใช้จะต้องมีการตรวจสอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและวางแผนเลือกสมการที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบที่ไม่ทราบค่านั้น เมื่อเชื่อมโยงสมการทั้งหมดได้แล้วก็กำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ และแก้สมการเพื่อหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลและถูกต้องตามที่โจทย์ถามหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตามสิ่งที่โจทย์ถาม

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง คะแนนของผู้เรียนซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาละเอียดของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

3. คุณภาพของแบบทดสอบ หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของแบบทดสอบด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในและความตรงเชิงโครงสร้าง

3.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด และวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัด ซึ่งหาโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบ และนำคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญไปคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency: IOC) ใช้สูตรของโรวินลีสและแฮมเบิลตัน

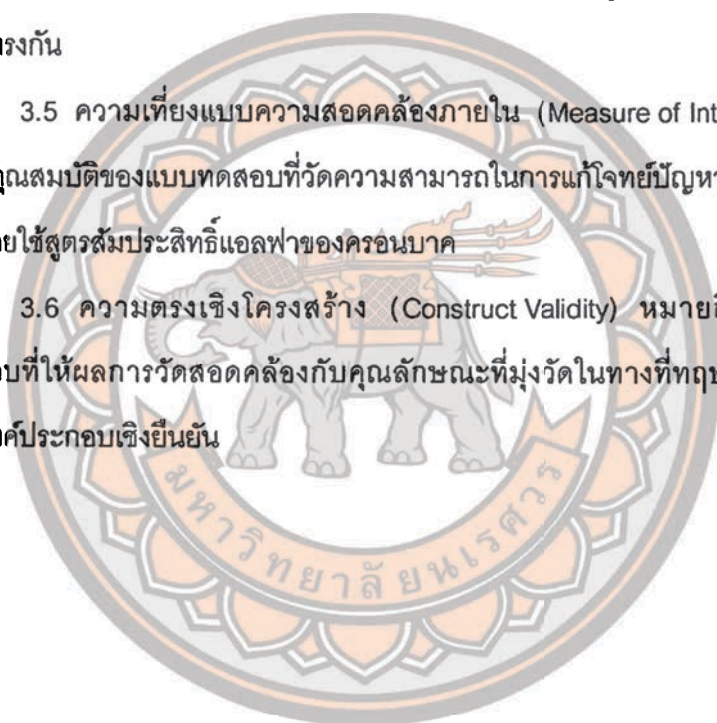
3.2 ความยากง่าย (Difficulty) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถบอกถึงสัดส่วนของความแตกต่างของคะแนนสูงสุดและต่ำสุดที่นักเรียนทำได้ ซึ่งคำนวณหาความยากง่ายรายข้อโดยใช้สูตรวินิย์และซาเบอร์

3.3 อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถบอกถึงความแตกต่างของความสามารถของนักเรียน ในด้านการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้อย่างชัดเจน โดยผู้ที่มีความสามารถในระดับสูง ควรทำข้อสอบถูกและผู้ที่มีความสามารถในระดับต่ำ ควรทำข้อสอบผิด

3.4 ความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน (Objectivity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถบอกถึงความชัดเจนในการให้คะแนน ไม่ว่าจะผู้ตรวจจะเป็นใครเมื่อตรวจแล้ว ให้คะแนนตรงกัน

3.5 ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนได้คงที่แน่นอน โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

3.6 ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่ให้ผลการวัดสอดคล้องกับคุณลักษณะที่มุ่งวัดในทางที่ทฤษฎีที่ตั้งไว้ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้นำเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ
 - 1.1 ข้อมูลทั่วไป
 - 1.1.1 จุดหมายของหลักสูตร
 - 1.1.2 วิสัยทัศน์
 - 1.1.3 พันธกิจ
 - 1.1.4 เป้าหมาย
 - 1.1.5 อัตลักษณ์ของสถานศึกษา
 - 1.1.6 กลยุทธ์การพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาของสถานศึกษา
 - 1.1.7 การวัดและประเมินผลการเรียน
 - 1.2 คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์
2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
 - 2.1 ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
 - 2.2 กระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหา
 - 2.3 การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
3. แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
 - 3.1 ความเป็นมาของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
 - 3.2 ลักษณะของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
 - 3.3 เทคนิคการเขียนแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

3.5 คุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

4.1.1 งานวิจัยในประเทศ

4.1.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

4.1.1 งานวิจัยในประเทศ

4.1.2 งานวิจัยในต่างประเทศ



1. หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ

1.1 ข้อมูลทั่วไป

1.1.1 จุดหมายของหลักสูตร

หลักสูตรโรงเรียนชุมแสงชนูทิศ พุทธศักราช 2561 ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพจึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบ การศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

- 1) มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง
- 2) มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยีและมีทักษะชีวิต
- 3) มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุนทรีย์ และรักการออกกำลังกาย
- 4) มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข
- 5) มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

1.1.2 วิสัยทัศน์

“โรงเรียนมาตรฐาน สืบสานความเป็นไทย ใส่ใจคุณธรรม น้อมนำศาสตร์ พระราชา เทคโนโลยีก้าวหน้า พัฒนาสู่สากล”

1.1.3 พันธกิจ

- 1) พัฒนาผู้เรียนให้รักความเป็นไทย และมีคุณภาพเป็นพลโลก
- 2) พัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาให้เป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้
- 3) พัฒนาระบบการบริหารจัดการให้ทันสมัย
- 4) พัฒนาระบบเทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพ

5) ส่งเสริมให้ชุมชนและสังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา

1.1.4 เป้าหมาย

- 1) ผู้เรียนรักความเป็นไทย และมีคุณภาพเป็นพลโลก
- 2) ครูและบุคลากรทางการศึกษาเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้
- 3) โรงเรียนมีระบบการบริหารจัดการทันสมัย
- 4) โรงเรียนมีระบบเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ
- 5) ชุมชนและสังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา

1.1.5 อัตลักษณ์ของสถานศึกษา

ครูและนักเรียนโรงเรียนชุมแสงชนูทิศมีคุณลักษณะ ดังนี้

“ยกมือไหว้ ง่ายและดีมีคุณค่า สอแว้วว่าอ่อนน้อมพร้อมดีได้ จะสอนเสริม
เติมต่อกี่กายตาย ยกมือไหว้ยิ้มให้กันทุกวันเอ๋ย”

1.1.6 กลยุทธ์การพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาของสถานศึกษา

กลยุทธ์ที่ 1 พัฒนาผู้เรียน

- 1) ส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนด้านวิชาการให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นและมุ่งสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการ (ทุกกลุ่มทำวิชาการเขียน)
- 2) ส่งเสริมผู้เรียนให้มีการอนุรักษ์ไว้ซึ่งศิลปวัฒนธรรม (ศิลปะ)
- 3) ส่งเสริมผู้เรียนให้สื่อสารได้อย่างน้อย 2 ภาษา (ภาษา)
- 4) ส่งเสริมผู้เรียนให้ใช้เทคโนโลยี ผลิตงานอย่างสร้างสรรค์ (การงาน)
- 5) ปลุกฝังให้ผู้เรียนมีคุณธรรม จริยธรรม คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (สังคม)
- 6) ส่งเสริมและพัฒนาสุขภาพอนามัยผู้เรียน (พล)
- 7) ปลุกฝังให้ผู้เรียนสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างเหมาะสม มีความรับผิดชอบต่อสังคมและมีจิตสาธารณะ (พานิช สังคม)
- 8) ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้และทำงานอย่างเป็นระบบ (วิทย์ ไทย คณิต)

กลยุทธ์ที่ 2 พัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษา

- 1) ส่งเสริมครูและบุคลากรทางการศึกษาให้มีการอนุรักษ์ไว้ซึ่งศิลปวัฒนธรรม

- 2) พัฒนาครูให้มีทักษะการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย
- 3) พัฒนาครูให้เป็นครูมืออาชีพและเป็นแบบอย่างที่ดี
- 4) ส่งเสริมให้ครูทำงานอย่างเป็นระบบและเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้
- 5) พัฒนาครูให้สร้างแหล่งเรียนรู้ดิจิทัล เพื่อการเรียนรู้ตลอดเวลา

กลยุทธ์ที่ 3 พัฒนาระบบบริหารจัดการ

- 1) พัฒนาระบบประกันคุณภาพภายในสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพ
- 2) สนับสนุนให้มีการจัดการศึกษาแบบมีส่วนร่วม
- 3) พัฒนาหลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน
- 4) ปรับภูมิทัศน์ภายในสถานศึกษาให้เอื้อต่อการเรียนรู้

กลยุทธ์ที่ 4 พัฒนาระบบเทคโนโลยี

- 1) ปรับโครงสร้างพื้นฐานอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงให้ครอบคลุมทั่วทั้งโรงเรียนอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้
- 2) ส่งเสริมการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญทางเทคโนโลยีให้กับผู้เรียน ครูและบุคลากรทางการศึกษา

กลยุทธ์ที่ 5 เสริมสร้างความสัมพันธ์กับชุมชน

- 1) พัฒนาความสัมพันธ์กับผู้ปกครอง ชุมชน และภาคีเครือข่าย

1.1.7 การวัดและประเมินผลการเรียน

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องอยู่บนหลักการพื้นฐานสองประการ คือ การประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนและเพื่อตัดสินผลการเรียน ในการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ประสบผลสำเร็จนั้น ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาและประเมินตามตัวชี้วัดเพื่อให้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ สะท้อนสมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในทุกระดับไม่ว่าจะเป็นระดับชั้นเรียน ระดับสถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้เป็นกระบวนการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนโดยใช้ผลการประเมินเป็นข้อมูลและสารสนเทศที่แสดงพัฒนาการความก้าวหน้าและความสำเร็จทางการเรียนของผู้เรียน ตลอดจนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาและเรียนรู้อย่างเต็มตามศักยภาพ

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับชั้นเรียน ระดับสถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ มีรายละเอียด ดังนี้

1. การประเมินระดับชั้นเรียน เป็นการวัดและประเมินผลที่อยู่ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนดำเนินการเป็นปกติและสม่ำเสมอในการจัดการเรียนการสอน ใช้เทคนิคการประเมินอย่างหลากหลาย เช่น การซักถาม การสังเกต การตรวจการบ้าน การประเมินโครงการ การประเมินชิ้นงาน/ภาระงาน แฟ้มสะสมงาน การใช้แบบทดสอบ ฯลฯ โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินเองหรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินตนเอง เพื่อนประเมินเพื่อน ผู้ปกครองร่วมประเมิน ในกรณีที่ไม่มีผ่านตัวชี้วัดให้มีการสอนซ่อมเสริม

การประเมินระดับชั้นเรียนเป็นการตรวจสอบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหรือไม่และมากน้อยเพียงใด มีสิ่งที่จะต้องได้รับการพัฒนาปรับปรุงและส่งเสริมในด้านใดนอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลให้ผู้สอนใช้ปรับปรุงการเรียนการสอนของตนด้วย ทั้งนี้โดยสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

2. การประเมินระดับสถานศึกษา เป็นการประเมินที่สถานศึกษาดำเนินการเพื่อตัดสินผลการเรียนของผู้เรียนเป็นรายปี/รายภาค ผลการประเมินการอ่าน คิดวิเคราะห์และเขียนคุณลักษณะอันพึงประสงค์และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน นอกจากนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการศึกษาของสถานศึกษาว่าส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนตามเป้าหมายหรือไม่ ผู้เรียนมีจุดพัฒนาในด้านใด รวมทั้งสามารถนำผลการเรียนของผู้เรียนในสถานศึกษาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับชาติ ผลการประเมินระดับสถานศึกษาจะเป็นข้อมูลและสารสนเทศเพื่อการปรับปรุงนโยบาย หลักสูตร โครงการ หรือวิธีการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนเพื่อการจัดทำแผนพัฒนาคุณภาพการศึกษาของสถานศึกษา ตามแนวทางการประกันคุณภาพการศึกษาและการรายงานผลการจัดการศึกษาต่อคณะกรรมการสถานศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้ปกครองและชุมชน

3. การประเมินระดับเขตพื้นที่การศึกษา เป็นการประเมินคุณภาพผู้เรียนในระดับเขตพื้นที่การศึกษาตามมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาของเขตพื้นที่การศึกษา ตามภาวะความรับผิดชอบสามารถดำเนินการโดยประเมินคุณภาพผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนด้วยข้อสอบมาตรฐานที่จัดทำและ

ดำเนินการโดยเขตพื้นที่การศึกษา หรือด้วยความร่วมมือกับหน่วยงานต้นสังกัด ในการดำเนินการจัดสอบ นอกจากนี้ยังได้จากการตรวจสอบทบทวนข้อมูลจากการประเมินระดับสถานศึกษาในเขตพื้นที่การศึกษา

4. การประเมินระดับชาติ เป็นการประเมินคุณภาพผู้เรียนในระดับชาติ ตามมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน โรงเรียนชุมแสงชนูทิศได้จัดให้ผู้เรียนทุกคนที่เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เข้ารับการประเมินผลจากการประเมินใช้เป็นข้อมูลในการเทียบเคียงคุณภาพการศึกษาในระดับต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษา ตลอดจนเป็นข้อมูลสนับสนุน การตัดสินใจในระดับนโยบายของประเทศ

ข้อมูลการประเมินในระดับต่าง ๆ ข้างต้น เป็นประโยชน์ต่อโรงเรียนชุมแสงชนูทิศ ในการตรวจสอบทบทวนพัฒนาคุณภาพผู้เรียน ถือเป็นภาระความรับผิดชอบของโรงเรียนที่จะต้องจัดระบบดูแลช่วยเหลือ ปรับปรุงแก้ไข ส่งเสริมสนับสนุนเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพบนพื้นฐาน ความแตกต่างระหว่างบุคคลที่จำแนกตามสภาพปัญหาและความต้องการ ได้แก่ กลุ่มผู้เรียนทั่วไป กลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษ กลุ่มผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ กลุ่มผู้เรียนที่มีปัญหาด้านวินัยและพฤติกรรม กลุ่มผู้เรียนที่ปฏิเสธโรงเรียน กลุ่มผู้เรียนที่มีปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคม กลุ่มพิการทางร่างกายและสติปัญญา เป็นต้น ข้อมูลจากการประเมินจึงเป็นหัวใจของโรงเรียนในการดำเนินการช่วยเหลือผู้เรียนได้ทันทั่วถึง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาและประสบความสำเร็จในการเรียน

1.2 คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์

คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว30204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษา วิเคราะห์ และอธิบายการศึกษาแสงเชิงกายภาพ การทดลองการแทรกสอดของยัง การแทรกสอดของแสงผ่านช่องเปิดคู่ การค้นพบสมบัติการเลี้ยวเบนของแสง การเลี้ยวเบนของแสงผ่านช่องเปิดเดี่ยว การแทรกสอดที่เลี้ยวเบนผ่านช่องแคบของเกรตติง การกระเจิงของแสง ปัจจัยที่มีผลต่อการกระเจิงของแสง สีของท้องฟ้า ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า การเหนี่ยวนำไฟฟ้า แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ การคำนวณ

สนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า การหาสนามไฟฟ้า ลัพธ์เนื่องจาก ระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์ ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ ศักย์ไฟฟ้า เนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ การถ่ายโอนประจุระหว่างตัวนำทรงกลม ชนิดของตัวเก็บประจุ พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุและความจุสมมูลของตัวเก็บประจุที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต ไปใช้ประโยชน์ เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพ่นสี ไมโครโฟนแบบตัวเก็บประจุ การประยุกต์ใช้ ไฟฟ้าสถิตกับการทดลอง หาประจุไฟฟ้า การนำไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า กฎของโอห์ม ชนิดของตัวต้านทาน ความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพต้านทาน แรงเคลื่อนไฟฟ้า และความต่างศักย์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าสมมูลของการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน การคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า เครื่องวัดไฟฟ้า เช่น แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน วงจรไฟฟ้าในบ้าน อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน การใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การอภิปราย การอธิบายและการสรุปผล เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความคิดและความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ใน ชีวิตตนเอง ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่ถูกต้อง

ผลการเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และเกรตติง การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลม มิราจ และการเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน
3. ทดลองและอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้า โดยการขัดสีกัน และการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต
4. อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์

5. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพท์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

6. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ

7. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุและความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

8. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดและปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน

9. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วเฉลี่ยเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

10. ทดลองและอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน

11. ทดลอง อธิบาย และคำนวณอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า

12. ทดลองและคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน

13. อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานไฟฟ้า โดยเน้นด้านประสิทธิภาพ

รวม 13 ผลการเรียนรู้ โดยแบ่งเป็นเนื้อหาเรื่อง แสงเชิงกายภาพ จำนวน 3 ผลการเรียนรู้ เนื้อหาเรื่อง ไฟฟ้าสถิต จำนวน 7 ผลการเรียนรู้และเนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 3 ผลการเรียนรู้

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

2.1 ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

2.1.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญห

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหไว้ดังนี้

ณัฐวุฒิ ยกน้อยวงศ์ (2561, หน้า 59) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหของแต่ละคนขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ทักษะ และประสบการณ์ที่ได้รับการถ่ายทอด

ธัญยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559, หน้า 12) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหของบุคคลนั้นแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับสติปัญญา ความสนใจ ความพร้อมวุฒิภาวะทางสมอง ประสบการณ์และสภาพแวดล้อม

ภัทรพล แก้วเสนา (2559, หน้า 13) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหเป็นทักษะหนึ่งในการดำเนินชีวิต ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะแก้ได้ต้องอาศัยความรู้และการช่วยเหลือจากผู้อื่น

กตกร กมลรัตนสมบัติ (2558, หน้า 14) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหเป็นกระบวนการหรือขั้นตอนที่มีความซับซ้อนในการนำความรู้ไปปรับประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ โดยอาศัยประสบการณ์ของผู้แก้ปัญห

อมรลักษณ์ ฤทธิเดช (2553, หน้า 11) กล่าวว่า การแก้ปัญหเป็นการนำความรู้เดิมทั้งทางตรงและทางอ้อมมาใช้ในการขจัดปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นใหม่โดยต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจรวมถึงสติปัญญาและการคิด เพื่อทำให้ปัญหานั้นหมดไป

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2551, หน้า 6) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหว่า เป็นความสามารถในการแก้ปัญหและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหและมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเองสังคมและสิ่งแวดล้อม

จากแนวคิดของนักการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นกระบวนการหรือขั้นตอนที่ต้องอาศัยความรู้และความเข้าใจมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไข สถานการณ์นั้น

2.1.2 ความหมายของโจทย์ปัญหา

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของโจทย์ปัญหาไว้ดังนี้

ณัฐวุฒิ ยกน้อยวงศ์ (2561, หน้า 48) กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง คำถาม



เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ปัญหาและคาดคะเนคำตอบ พิจารณาแยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย แล้วคิดอย่างเป็นระบบโดยนำความรู้ความเข้าใจข้อมูลและประสบการณ์เดิมที่เคยศึกษา มาแล้วมาคิดแก้ปัญหา คาดคะเนคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา ในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะต้องคิด และเขียนในส่วนของกฎ หลักการ แนวคิดหรือสูตรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างกรอบแนวคิด แผนภาพ ไคอะแกรมลงไป เพื่อให้ผู้เรียนจะสามารถอธิบาย และสามารถวิเคราะห์ปัญหาในทางฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ในขั้นตอนในการวางแผนแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับการพิจารณาว่าปัญหากับสิ่งที่โจทย์ต้องการหาเกี่ยวข้องสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร ผู้เรียนจะต้องวางแผนกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาหรือหลายๆวิธีร่วมกัน เพื่อเตรียมนำมาใช้ในการแก้ปัญหา อาจจะกำหนดแผนไว้หลาย หากแผนใดไม่ประสบความสำเร็จก็จะสามารถใช้แผนอื่นมาทดแทนได้ เช่น การนำสมการที่เกี่ยวข้องมาใช้และคิดพิจารณาว่าสมการนั้นจะสามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ ถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 5 พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนพิสูจน์ตรวจสอบสมการที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดในส่วนใดบ้างและถ้าตรวจสอบแล้วไม่พบข้อผิดพลาด ผู้เรียนก็สามารถจะประเมินคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบและประเมินคำตอบ หลังจากตรวจพิสูจน์ความสอดคล้องของสมการและได้มาเป็นผลลัพธ์ ผู้เรียนทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้รับว่าสอดคล้องตรงตามโจทย์ต้องการหรือไม่ และจากผลลัพธ์นำไปสู่คำตอบอย่างสมเหตุสมผลเพียงใดหรือไม่ และส่งเสริมให้ผู้เรียนลองหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่แตกต่างในการแก้ปัญหาเดิมเพื่อเพิ่มความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น

พิไลพร แซ่มซ้าย (2552, หน้า 18) ได้สรุปขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวทางของพิไลพร ดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา โดยอาศัยทักษะการแปลความหมาย การวิเคราะห์ข้อมูลว่า ปัญหาต้องการอะไร กำหนดอะไรมาบ้าง จำแนกแยกแยะสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้แยกออกจากกัน

2. วางแผนแก้ปัญหา ต้องหาความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ทั้งที่เป็นสิ่งที่กำหนดให้และข้อมูลที่ได้ตามมาจากสิ่งที่กำหนดให้ หาวิธีการแก้ปัญหาโดยนำกฎเกณฑ์ หลักการเหตุผลมา ประกอบกับข้อมูลแล้วนำเสนอออกมาในรูปวิธีการ

3. ดำเนินการตามแผน คิดคำนวณหาคำตอบที่ถูกต้อง ตามแผนที่วางไว้ต้องรู้จักวิธีการคำนวณที่เหมาะสม

4. ตรวจสอบวิธีการและคำตอบ ถ้าไม่พบคำตอบตามเงื่อนไขของปัญหาต้องกลับไปวางแผนแก้ปัญหาใหม่หรือในขณะที่นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ แต่ไม่สามารถดำเนินการได้ นักเรียนอาจกลับไปเริ่มวางแผนใหม่หรือทำความเข้าใจปัญหาใหม่

2.3 การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (อมราลักษณ์ ฤทธิเดช, 2553, หน้า 17 ; อ้างถึงใน เฮลเลอร์และเฮลเลอร์) ได้กล่าวถึงวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การเริ่มต้นในการแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนโดยการสร้างภาพขึ้นในใจเกี่ยวกับลำดับของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหา พร้อมกับแสดงรายละเอียดของโจทย์ปัญหาว่ามีเหตุการณ์เกิดขึ้นอย่างไร เหตุการณ์นั้นเกี่ยวข้องกับอะไรและจะดำเนินการต่อไปอย่างไร จากนั้นอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบๆ เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบรวมถึงเขียนแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและสุดท้ายควรทบทวนสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาโดยภาพรวมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1.1 เขียนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้อย่างหยาบๆ (Picture and Given Information)

1.2 กำหนดคำถามว่าโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด (Question(s))

1.3 เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา (Approach)

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยความเข้าใจโจทย์ปัญหาในเชิงคุณภาพเพื่อนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเชิงปริมาณโดยการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ สร้างแผนภาพและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าให้สมบูรณ์ โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้เพื่อทำให้ปัญหา มีความชัดเจนและง่ายขึ้นโดยลักษณะของแผนภาพที่จะต้องเขียนให้สมบูรณ์ขึ้นอยู่กับลักษณะของ โจทย์ปัญหา เช่น แผนภาพการเคลื่อนที่ที่จะต้องมียุทธศาสตร์สัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่ง เวลา ความเร็วหรือความเร่ง เป็นต้น แผนภาพที่เกี่ยวข้องกับแรงก็ต้องเขียนออกมาให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงกระทำ ซึ่งแผนภาพที่ดีก็จะเป็น เครื่องมือที่มีประโยชน์ใน การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ข้อมูลสำคัญต่าง ๆ ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

2.1 สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ของ โจทย์ปัญหาและเขียนตัวแปรต่าง ๆ เพื่ออธิบายแผนภาพให้ชัดเจนขึ้น มีตัวแปรใดบ้างที่ทราบค่า และมีตัวแปรใดบ้างที่ยังไม่ทราบค่า (Diagram and Define Variables)

2.2 ระบุเป้าหมายของโจทย์ให้ชัดเจนว่าโจทย์ต้องการให้หาค่าของตัวแปรใด (Target Variable)

2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ (Quantitative Relationships)

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป้าหมายสำคัญของขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นนี้คือ ต้องนำความสัมพันธ์จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ในขั้นที่ 2 ไปสร้างเป็นสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาค่าของตัวแปรที่ไม่ทราบค่า เป็นขั้นตอนการแปลความหมายทาง ฟิสิกส์โดยการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งจะต้องอธิบายให้อยู่ในรูป ของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการนำมาหาคำตอบโดย ทุกสมการที่นำมาใช้จะต้องมีการตรวจสอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและวางแผนเลือกสมการที่จะ นำมาใช้ในการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่า นั้น เมื่อเชื่อมโยงสมการทั้งหมดได้แล้วก็กำหนดแนวทาง ในการแก้โจทย์ปัญหาโดยเริ่มจากการแก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อนจนกระทั่ง

สามารถหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ 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 ขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำให้ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาซึ่งเป็นการดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าโดยเริ่มจากสมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน จากนั้นก็นำค่าที่คำนวณได้แทนลงในสมการถัดไปตามที่ได้วางแผนไว้จนถึงการแก้สมการสุดท้ายเพื่อหาค่าตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหาซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

4.1 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้โดยการแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าด้วยการแทนตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ได้กำหนดไว้พร้อมกับตรวจสอบหน่วยของตัวแปรให้อยู่ในลักษณะเดียวกัน (Follow the Plan)

4.2 คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Calculate Target Variable)

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตามสิ่งที่โจทย์ถาม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องตอบคำถามเพื่อการตรวจสอบ 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?)

จากกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่ากลวิธีการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีขั้นตอนที่ชัดเจนและมีการเชื่อมโยงหลักการเข้ามาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ทำให้ผู้เรียนมีแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ เน้นการฝึกคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผลซึ่งถือเป็นสิ่งที่ยากที่สุดของการแก้โจทย์ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มาใช้ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสามารถสรุปได้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การเริ่มต้นในการแก้โจทย์ปัญหา โดยทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา เขียนอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบ ๆ เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบรวมถึงเขียนแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการเขียนแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ของตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า ให้สมบูรณ์โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนที่ต้องนำความสัมพันธ์จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ไปสร้างเป็นสมการให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการนำมาหาคำตอบ โดยทุกสมการที่นำมาใช้จะต้องมีการตรวจสอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและวางแผนเลือกสมการที่จะนำมาใช้ในการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่านั้น เมื่อเชื่อมโยงสมการทั้งหมดได้แล้วก็กำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ และแก้สมการเพื่อหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลและถูกต้องตามที่โจทย์ถามหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตามสิ่งที่โจทย์ถาม

3. แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

3.1 ความเป็นมาของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์หรือแบบทดสอบเอ็ม ซี คิว (Modified Essay Question : M.E.Q) เริ่มใช้ครั้งแรกโดยคณะกรรมการการตรวจสอบของราชวิทยาลัยเวชปฏิบัติทั่วไปแห่งราชอาณาจักร โดยมีฮอดจกินและน็อกซ์ (Hodgkin and Knox) เป็นผู้พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ทดสอบแพทย์ที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาแล้ว ทดสอบการเข้าเป็นสมาชิกของสมาคมมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1965 ทั้งนี้เป็นเพราะว่าวิธีการใช้ทดสอบแบบดั้งเดิมของสมาคมคือ แบบทดสอบความเรียง ขาดความเที่ยง และแบบทดสอบเลือกตอบค่าความตรงต่ำและเครื่องมือที่ใช้ทดสอบอยู่นั้น วัดความสามารถได้เพียงส่วน ๆ ส่วนใหญ่เป็นการวัดด้านความรู้ ความจำไม่สามารถวัดทักษะหรือเจตคติของผู้ตอบได้ (The Board of Censors of The Royal College of General Practitioners, 1971, หน้า 373)

แบบทดสอบนี้ได้พัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัยนิวคาสเซิล (University of Newcastle) ในประเทศออสเตรเลีย โดยแองเกิลและคณะ (Engel and Co-workers) เมื่อปี ค.ศ. 1975 (Feletti, 1983, หน้า 75-76) เพื่อใช้ประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคลินิกของนิสิตแพทย์ โดยนำผลการศึกษาของฮอดจกินและน็อกซ์ (Hodgkin and Knox) มาพัฒนาเป็นแบบทดสอบ M.E.Q ซึ่งเป็นแบบทดสอบในลักษณะอัตนัย โดยที่ขยายความคำถามซึ่งประกอบด้วยคำถามเป็นชุด ๆ ที่ใช้ในการประเมินทักษะในการแก้ปัญหาทางคลินิก ทั้งนี้เพราะว่าการให้นิสิตแพทย์สอบกับคนไข้จริง ๆ หรือคนไข้หลอก ๆ อาจไม่เหมาะสม แต่การสอบข้อเขียนในลักษณะการจำลองปัญหาของคนไข้ได้ ในชุดของข้อคำถามที่จัดไว้เป็นลำดับขั้นในแต่ละกรณีจะเป็นการนำเสนอเหตุการณ์เป็นตอนๆไป ทั้งนี้รวมทั้งจะต้องบอกบทบาทของนิสิตว่าเขาเป็นใคร (ตัวอย่างเช่น แพทย์ประจำบ้าน แพทย์ฝึกหัดในโรงพยาบาล นิสิตแพทย์) บอกรายละเอียดของคนไข้แบบตรง ๆ ข้อสอบแต่ละข้อจะให้รายละเอียดของคนไข้ในลักษณะความคืบหน้าของอาการไข้และจะกำหนดให้ตัดสินใจเขียนตอบสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นจะเป็นเหตุการณ์ที่มีอยู่จริง ๆ ที่จะต้องมีการตัดสินใจในการปฏิบัติทางคลินิก

3.2 ลักษณะของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์หรือแบบทดสอบเอ็มอีคิว ได้มีนักวิชาการได้พัฒนารูปแบบของแบบทดสอบดังต่อไปนี้

ฮอดจกินและนอกซ์ (จูติมา จูติรุ่งเรือง, 2544, หน้า 31 ; อ้างถึงใน Hodgkin and Knox, 1980, หน้า 20) ได้กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ ไว้ดังนี้

1. เป็นแบบทดสอบที่เป็นกรณีศึกษาเฉพาะกรณี (Case Study) เพื่อผู้ออกข้อสอบเลือกมาให้เหมาะสมกับเนื้อหาที่ต้องการออกข้อสอบและครอบคลุมวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
2. ต้องบรรยายเหตุการณ์ที่ปรากฏขึ้นจริงตามลำดับ
3. สถานการณ์ที่น่าเสนอไม่เสนอทั้งหมดในครั้งเดียว แต่ให้ข้อมูลเป็นตอน ๆ
4. ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายเปิด ที่ผู้ตอบต้องหาคำตอบโดยอาศัยข้อมูลในสถานการณ์ที่กำหนดให้มาตอบคำถามข้อนั้น
5. ข้อมูลที่ให้เพิ่มเติม อาจเกี่ยวข้องกับคำถามมากหรือน้อยหรือบางส่วนอาจไม่เกี่ยวข้อง ผู้ตอบต้องตัดสินใจพิจารณาเลือกข้อมูลมาวิเคราะห์
6. วิธีการทำแบบทดสอบ ให้ผู้ตอบใช้ข้อมูลหน้านั้น ๆ มิให้ย้อนกลับไปแก้ไขข้อที่ทำไปแล้ว หรือเปิดดูข้อมูลข้างหน้าที่ให้เพิ่มเติม
7. การตรวจให้ค่าคะแนนเป็น 0, 1, 2, 3,... ในแต่ละข้อ หรืออาจให้คะแนนติดลบ เมื่อพบว่าคำตอบมีความเสียหายแก่วิชาชีพ
8. การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 10 – 12 คน ทำการตอบข้อสอบเพื่อรวบรวมคำตอบที่เป็นไปได้ การให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สูง ทำให้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ฉบับนั้นมีค่าความตรงสูง

เฟลตติ (1980, หน้า 933 -934) ได้นำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ที่ฮอดจกินและนอกซ์พัฒนาขึ้นไปปรับปรุงวิธีการใช้ ดังนี้

1. มีการกำหนดเวลาในการทำข้อสอบแต่ละข้อ ซึ่งผู้ตอบต้องปรับเวลาในการทำข้อสอบแต่ละข้อให้เหมาะสมและต้องทำข้อสอบให้เสร็จทุกข้อในเวลารวมที่กำหนดให้
2. การสร้างคำตอบเพื่อใช้ในการตรวจให้คะแนน โดยรวบรวมคำตอบทั้งหมดจากผู้เชี่ยวชาญมีการกำหนดคะแนนให้ผ่านหรือระดับความสามารถขั้นต่ำที่ให้ผ่านได้ (Mandatory

Level of Competence : MLC) ของแต่ละข้อคำถามไว้ เช่น คำตอบของข้อคำถามที่ทำในข้อนั้น มีจำนวน 16 ข้อ ถ้าผู้ตอบตอบได้ 6 ข้อ ข้อใดก็ได้ในจำนวนคำตอบทั้งหมดจึงผ่านเกณฑ์ให้ 1 คะแนน ถ้าตอบได้ไม่ถึง 6 ข้อให้ 0 คะแนน

3. จำนวนข้อของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ควรมีตั้งแต่ 5 – 35 ข้อ

ไตรรงค์ เจนการ (2530, หน้า 47-78) กล่าวว่า แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดทักษะการแก้ปัญหา ประกอบด้วยชุดคำถามเป็นตอน ๆ ซึ่งแต่ละตอนจะมีข้อความสถานการณ์หรือเงื่อนไขนั้น ๆ และแต่ละคำถามจะพิมพ์ลงในกระดาษหนึ่งแผ่น ซึ่งในระหว่างการคิดตอบปัญหานั้น ผู้สอบต้องไม่แก้คำตอบข้อที่ผ่านมาหรือพลิกดูข้อความสถานการณ์ หรือเงื่อนไขข้อต่อไป แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่อยู่บนสุดเป็นข้อความ สถานการณ์หรือเงื่อนไข

ส่วนที่ 2 เป็นคำถามที่ให้ผู้สอบคิดตอบที่ต้องอาศัยแนวทางการแก้ปัญหาในข้อความสถานการณ์ หรือเงื่อนไขในส่วนแรก

ส่วนที่ 3 เป็นที่เว้นว่างให้นักเรียนเขียนคำตอบ

ส่วนที่ 4 บอกเวลาสำหรับการคิดแก้ปัญหาในคำถามนั้นและส่วนที่เว้นว่างสำหรับให้นักเรียนเขียนเวลาที่ใช้คิดแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคน

ฐิติมา ฐิติรุ่งเรือง (2544, หน้า 31-32) กล่าวว่า แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบทดสอบกรณีศึกษา บรรยายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงตามสภาพ เป็นคำถามปลายเปิดไม่นำเสนอทั้งหมดในครั้งเดียว วิธีการทำแบบทดสอบให้ผู้ตอบใช้ข้อมูลหน้านั้น ๆ มิให้ย้อนกลับไปแก้ไขข้อที่ทำไปแล้วหรือเปิดไปดูข้อมูลข้างหน้าที่ให้เพิ่มเติม การกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนแต่ละข้อโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวนข้อสอบควรมีตั้งแต่ 5 - 35 ข้อ โดยปรับปรุงวิธีการใช้ ดังนี้

1. เป็นแบบทดสอบที่เป็นกรณีศึกษาเฉพาะกรณี (Case Study)
2. บรรยายเหตุการณ์ที่ปรากฏขึ้นจริงตามลำดับ
3. สถานการณ์ที่นำเสนอ จะเสนอข้อมูลเป็นตอน ๆ ข้อมูลที่ให้เพิ่ม อาจเกี่ยวข้องกับคำถามมากหรือน้อย ผู้สอบต้องตัดสินใจพิจารณาข้อมูลวิเคราะห์
4. ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายเปิด
5. การกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนเป็น 0,1,2,3

6. การกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนในแต่ละข้อ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คนทำการตอบข้อสอบเพื่อรวบรวมคำตอบที่เป็นไปได้ คำตอบใดที่ผู้เชี่ยวชาญลงสรุปว่ามีความสำคัญมากก็ให้น้ำหนักคะแนนมาก คำตอบใดที่ผู้เชี่ยวชาญลงสรุปว่ามีความสำคัญน้อย ก็ให้น้ำหนักคะแนนน้อย

7. วิธีการทำแบบทดสอบ ให้ผู้ตอบใช้ข้อมูลหน้านั้น ๆ มิใช่ย้อนกลับไปแก้ไขข้อที่ทำไปแล้ว หรือเปิดไปดูข้อมูลข้างหน้าที่ให้เพิ่มเติม

8. มีการกำหนดเวลาในการทำข้อสอบแต่ละข้อและรวมทั้งฉบับ หาเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบ โดยวิเคราะห์เวลาที่ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 10 คน ใช้ในตอบคำถามแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย และได้ปรับปรุงเวลาให้มากขึ้นอีก 30% ตามแนวคิดของเฟลิตติและสมิท (Feletti and Smith, 1980, หน้า 130)

9. จำนวนข้อของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ มีจำนวน 5-35 ข้อ

สุพัฒตา ภูสอดสี (2553, หน้า 33) กล่าวว่า การสร้างแบบสอบ ผู้ประเมินต้องรู้ธรรมชาติและระดับของสิ่งที่จะวัดแล้วเลือกสอบ วัดเฉพาะจุดประสงค์ที่จำเป็นเท่านั้น เพราะว่าการสอบทุกจุดประสงค์ที่สอนนั้น ย่อมทำได้ยากในเวลาที่จำกัดและการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นเงื่อนไขในตัวปัญหานั้นจะยาวหรือสั้นจะง่ายหรือซับซ้อนขึ้นกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด ซึ่งในบางครั้งก็อาจตามความรู้พื้นฐานเท่านั้น เพื่อให้ตอบโดยใช้เหตุผลของการตัดสินใจในการแก้ปัญหาก็ได้

การให้คะแนนมี 2 วิธี คือ การให้คะแนนมากน้อยตามผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนด การให้คะแนนแต่ละข้อในแบบทดสอบเป็น 0,1,2,3,4 ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนและคะแนนเต็มของข้อสอบแต่ละข้อให้ได้ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของคำถามข้อนั้น และการให้คะแนนตามผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดระดับเกณฑ์ความสามารถขั้นต่ำที่ให้ผ่านของแต่ละคำถามในแบบทดสอบ เช่น มีคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดจำนวน 16 ข้อ ถ้าผู้สอบตอบได้อย่างน้อย 10 ข้อ เป็นข้อใดก็ได้ในจำนวนคำตอบทั้งหมดถือว่าผ่านเกณฑ์ความสามารถขั้นต่ำที่กำหนดไว้ให้ 1 คะแนน ถ้าตอบคำถามได้ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ให้ 0 คะแนน

จากลักษณะของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ข้างต้น สรุปได้ว่า แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบทดสอบที่เป็นกรณีศึกษาเฉพาะกรณี ประกอบด้วยชุดคำถามเป็นตอน ๆ ซึ่งแต่ละตอนจะมีข้อความสถานการณ์หรือเงื่อนไข โดยจะไม่บอกข้อมูลทั้งหมดในคราวเดียวและมีการนำเสนอข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละข้อคำถาม มีการกำหนดเวลาในการทำข้อสอบแต่ละข้อ

ซึ่งวิธีการทำแบบทดสอบให้ผู้ตอบใช้ข้อมูลหน้านั้น ๆ มิให้ย้อนกลับไปแก้ไขข้อที่ทำไปแล้วหรือเปิดไปดูข้อมูลข้างหน้าที่ให้เพิ่มเติม การกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนเป็น 0,1 โดยจำนวนข้อสอบควรมีตั้งแต่ 5 – 35 ข้อ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์โดยประยุกต์ใช้แนวคิดของฮอดจกินและน็อกซ์และเฟลิตติ มีรูปแบบ ดังนี้

1. เป็นกรณีศึกษาเฉพาะกรณี ประกอบด้วยชุดคำถามเป็นตอน ๆ แต่ละตอนจะมีข้อความสถานการณ์ หรือเงื่อนไข โดยจะไม่บอกข้อมูลทั้งหมดในคราวเดียวและมีการนำเสนอข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละข้อคำถาม

2. มีการกำหนดเวลาในการทำข้อสอบแต่ละข้อผู้วิจัยหาเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยวิเคราะห์เวลาที่ผู้เชี่ยวชาญใช้ในตอบคำถาม แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและได้ปรับปรุงเวลาให้มากขึ้นอีก 30% ตามแนวคิดของเฟลิตติและสมิท (Feletti and Smith, 1980, หน้า 130)

3. วิธีการทำแบบทดสอบ ให้ผู้ตอบใช้ข้อมูลหน้านั้น ๆ มิให้ย้อนกลับไปแก้ไขข้อที่ทำไปแล้วหรือเปิดดูข้อมูลข้างหน้าที่ให้เพิ่มเติม

4. การตรวจให้ค่าคะแนนเป็น 0, 1 โดยผู้สอบจะต้องตอบให้ถูกจากข้อย่อย 2 ใน 3 จึงจะได้ 1 คะแนน และหากข้อสอบมี 2 ข้อจะต้องตอบถูกทั้ง 2 ข้อ แต่ถ้าตอบคำถามได้ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ให้ 0 คะแนน

5. จำนวนข้อของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ มีจำนวน 5 – 35 ข้อ

3.3 เทคนิคการเขียนแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

ไตรรงค์ เจนการ (2530, หน้า 3-6) ได้กล่าวถึงเทคนิคการเขียนแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ไว้ดังนี้

1. ต้องมีความต่อเนื่องของสถานการณ์ของปัญหา
2. จะต้องเป็นกระบวนการแก้ปัญหา

ส่วนการจัดรูปแบบข้อสอบจัดพิมพ์แยกไว้ข้อละ 1 แผ่น เพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้สอบ การเขียนข้อสอบในแต่ละข้อหรือหลายๆข้อรวมกัน ถือเป็น 1 ชุดปัญหา กระทำได้โดยยึดหลัก

การแก้ปัญหาและพยายามกระจายปัญหาหรือสถานการณ์ออกไปเป็นข้อย่อย ๆ ดังตัวอย่างโจทย์คณิตศาสตร์ข้างล่างนี้

มานะมีเงิน 850.50 บาท นำไปซื้อเสื้อ 3 ตัว ๆ ละ 125 บาท
ผ้าเช็ดหน้า 2 ผืน ๆ ละ 18.75 บาท เขาจะเหลือเงินเท่าไร

โจทย์ข้อนี้เป็นโจทย์คณิตศาสตร์ที่ครูนิยมใช้กันมาช้านาน ถ้าเปลี่ยนแนวการเขียนตอบ โจทย์คำถามเป็นขั้น ๆ ตามเทคนิคการเขียนแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์จะเขียนได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 โจทย์นี้อาจแปลกติ และคำตอบจะเป็นอย่างไร? ถ้าพิจารณาคำถาม "คิดหาคำตอบได้โดยวิธีใด"

มานะมีเงินจำนวนหนึ่ง นำไปซื้อเสื้อและผ้าเช็ดหน้า อย่างละจำนวนหนึ่ง
อยากทราบว่าเขาจะเหลือเงินเท่าไร
คำถาม : เมื่อนักเรียนเห็นโจทย์อย่างนี้ นักเรียนคิดว่ามีวิธีการหาคำตอบได้โดยวิธีใด

คำตอบที่ได้ก็คือ บวกบ้าง ลบบ้าง คูณบ้าง แต่ถ้าบอกว่าใช้วิธีการหารก็คิดผิดแน่ ๆ
ดังนั้น คำเฉลยของโจทย์ข้อนี้ก็น่าจะเป็นวิธีบวกและลบ จึงจะถูกต้องสำหรับข้อมูลที่ให้มา

ขั้นที่ 2 เพิ่มค่าหรือข้อมูลบางอย่างลงในสถานการณ์เดิม จะได้โจทย์ใหม่ ดังนี้

มานะมีเงินจำนวนหนึ่ง นำไปซื้อเสื้อ 3 ตัว และผ้าเช็ดหน้า 2 ผืน เขาจะเหลือเงินเท่าไร
คำถาม : นักเรียนจะหาคำตอบได้ก็ต่อเมื่อทราบอะไรเสียก่อน

จากโจทย์นี้ จะเห็นว่ามีจำนวนเข้าไปเกี่ยวข้องกับสถานการณ์อยู่ 2 จำนวนและเมื่อถามเด็กว่า "นักเรียนจะหาคำตอบได้ก็ต่อเมื่อทราบอะไรเสียก่อน" คำตอบที่ได้จากเด็กคือ มานะมีเงินเท่าใด หรือบางคนบอกว่า เสื้อราคาตัวละเท่าใด หรือผ้าเช็ดหน้าราคาผืนละเท่าใด ดังนี้ เป็นต้น แต่มีเด็กน้อยคนที่จะบอกมาได้ครบทั้ง 3 อย่าง ซึ่งทั้ง 3 อย่างเป็นคำเฉลยที่น่าจะถูกต้อง ส่วนเสื้อยี่ห้ออะไร สีอะไร ขนาดเท่าใด ซื้อมาจากไหน คิดว่าไม่ได้เกี่ยวข้องกับการที่เขาจะเหลือเงินเท่าใดเลย

จะเห็นได้ว่าเด็กที่จะทำข้อสอบได้ต้องเป็นคนที่อ่านหนังสือออก มิใช่อ่านหนังสือออกเท่านั้น เขายังต้องเข้าใจในสิ่งที่อ่านได้อีกด้วย จึงจะตอบปัญหานี้ได้ ถ้าหากเขาอ่านหนังสือไม่เป็น (ไม่เข้าใจในสิ่งที่อ่าน) ก็ไม่มีสิทธิ์ที่จะแก้ปัญหานั้นได้หรือถ้าหากอ่านหนังสือไม่เป็นจริง ๆ แต่ฟังเป็น (ฟังรู้เรื่อง) ก็พอมีสิทธิ์ในการแก้ปัญหานั้นได้บ้าง โดยให้ผู้อื่นอ่านให้ฟัง แต่ถ้าอ่านไม่เป็น ฟังก็ไม่เป็น ก็ไม่สามารถทำข้อสอบได้

ขั้นที่ 3 เพิ่มข้อมูลลงไปอีก จะได้โจทย์ใหม่ ดังนี้

มานะมีเงิน 850.50 บาท นำไปซื้อเสื้อ 3 ตัว ๆ ละ 125 บาท ผ้าเช็ดหน้า 2 ผืน ๆ ละ 20 บาท เขาจะเหลือเงินเท่าไร

คำถาม : นักเรียนจะหาคำตอบได้โดยวิธีใด หรือจะหาคำตอบได้อย่างไร หรือถ้าหากจะเขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ของคณิตศาสตร์ก็ได้

จากโจทย์นี้เราอาจถามเด็กว่า “นักเรียนจะหาคำตอบได้โดยวิธีใด หรือจะหาคำตอบได้อย่างไร โดยอาจเขียนบรรยายว่า เขาอะไรคุณกับอะไร แล้วมาบวกหรือลบกับอะไร และนำผลที่ได้มาทำกับอะไรอีก จนกระทั่งได้คำตอบหรือถ้าหากจะเขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ของคณิตศาสตร์ได้ก็ยิ่งดีมากที่สุด” เด็กอาจจะเขียนบอกวิธีการได้ถูกต้องตามหลักวิธี ซึ่งอาจมีหลายวิธีและอาจจะเขียนประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกหลายวิธีเช่นกัน

ขั้นที่ 4 เพิ่มข้อมูลลงไปอีกในขั้นนี้จะได้โจทย์ที่สมบูรณ์เหมือนกับโจทย์ครั้งแรก

มานะมีเงิน 850.50 บาท นำไปซื้อเสื้อ 3 ตัว ๆ ละ 125 บาท

ผ้าเช็ดหน้า 2 ผืน ๆ ละ 18.75 บาท เขาจะเหลือเงินเท่าไร

คำถาม : จงแสดงวิธีทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง

จะเห็นได้ว่าโจทย์นี้เหมือนกับโจทย์แรก ซึ่งเป็นการบอกข้อมูลทั้งหมดพร้อมกันทีเดียว ส่วนมากเด็กจะเห็นโจทย์ในลักษณะเช่นนี้เสมอ และเด็กอาจจะงงต่อข้อมูลที่มากเกินไปก็ได้โดยที่เขาเองไม่รู้ว่าเขาจะเอาข้อมูลมาสัมพันธ์กันอย่างไร แต่ถ้าเด็กที่เคยผ่านเรื่องนี้มามากแล้วหรือเคยทำแบบฝึกหัดมามากแล้ว ก็จะมองกลับไปตามขั้นที่ 3 ขั้นที่ 2 และขั้นที่ 1 ได้เลย หรืออาจมองเพียงขั้นที่ 3 แล้วลงมือทำได้เลยก็ได้ ถ้าเด็กทำเลขปัญหานี้ได้ก็หมายความว่าเขามีความสามารถในการแก้ปัญหานั้นผ่านขั้น 3 มาแล้วและในขั้นนี้ (ในขั้นที่ 4) จะบอกให้เด็กแสดงวิธีทำถูก

แต่คำนวณหาคำตอบผิด แสดงว่าเขาแก้ปัญหาได้แต่ขาดทักษะในการคำนวณ ถ้าพบเด็กอย่างนี้ ต้องสอนด้านทักษะการคำนวณให้เขาจนเขาคล่องในทักษะด้านนี้ แต่ถ้าเขาแสดงวิธีการทำถูกและคำนวณหาคำตอบได้ถูกต้องอีกด้วย แสดงว่าเขามีความสามารถในการแก้ปัญหาแล้ว และถ้าทดลองสอบในปัญหาที่มีลักษณะใกล้เคียงกับปัญหาอย่างนี้และเขาทำได้อีก แสดงว่าเขามีความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องนี้แล้ว (เช่น เรื่องการบวก ลบ คูณ ทศนิยม ดังตัวอย่าง) และถ้าเด็กบางคนทำได้เพียงขั้นที่ 2 หรือ 1 เท่านั้นแสดงว่าเขายังไม่สามารถจะแก้ปัญหาได้ จึงเป็นภาระครูผู้สอนจะต้องช่วยเหลือเขาให้เกิดทักษะขั้นที่ 3 และ 4 ให้ได้ อย่าเน้นขั้นที่ 4 ดังที่เคยทำมา ถ้าเขายังไม่ถึงขั้น 3

3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

โรส (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2530, หน้า 47-56; อ้างถึงใน Ross, 1954, หน้า 103) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบไว้มีอยู่ 5 ขั้นที่สำคัญ คือ

1. ขั้นวางแผน ซึ่งในขั้นของการวางแผนควรปฏิบัติดังนี้

1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบทุกครั้งจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจนและแน่นอนว่าเพื่อวัตถุประสงค์ใด

1.2 กำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ขั้นนี้เป็นการกำหนดรายละเอียดของหัวข้อเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ซึ่งถ้าสามารถกำหนดขอบข่ายของเนื้อหาและพฤติกรรมที่จะออกแบบทดสอบเหมาะสมก็จะช่วยให้ได้แบบทดสอบที่มีความตรง การที่จะสามารถกำหนดขอบเขตของเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้เป็นอย่างดีนั้นต้องอาศัยการศึกษาหลักสูตรและการสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร

1.3 กำหนดชนิดและรูปแบบของแบบทดสอบ เนื่องจากการสอบวัดหรือประเมินผลผู้เรียนนั้น สามารถใช้เครื่องมือวัดได้หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดแต่ละรูปแบบก็เหมาะที่จะใช้วัดพฤติกรรมที่แตกต่างกัน ในการสอบวัดจึงต้องระมัดระวังในการเลือกใช้ชนิดและรูปแบบของแบบทดสอบให้เหมาะสม

1.4 กำหนดส่วนประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นในการออกแบบทดสอบและในการสอบ ได้แก่ การกำหนดเวลาในการออกแบบทดสอบ บุคลากรในการออกแบบทดสอบ เวลาในการสอบวิธีการ

ตอบกระดาษคำตอบ วิธีการตรวจให้คะแนน วิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบและวิธีการรายงานผลการสอบ เป็นต้น

2. ขั้นเตรียมงาน ขั้นนี้เป็นการเตรียมสิ่งต่าง ๆ ที่จะต้องใช้และเอื้ออำนวยต่อการสร้างแบบทดสอบได้แก่

2.1 หลักสูตร หนังสือแบบเรียน แผนการสอน คู่มือครู

2.2 ทำการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา และบันทึกในตารางวิเคราะห์หลักสูตร

2.3 อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการพิมพ์ การอัดสำเนา

2.4 กระดาษคำตอบและอื่น ๆ

3. ขั้นลงมือปฏิบัติ ขั้นนี้เป็นขั้นลงมือเขียนแบบทดสอบ ซึ่งมีหลักปฏิบัติ ดังนี้

3.1 ผู้เขียนแบบทดสอบควรจะทราบคุณลักษณะของแบบทดสอบที่ดีคุณลักษณะที่จำเป็นผู้เขียนแบบทดสอบและเทคนิคการเขียนแบบทดสอบชนิดต่าง ๆ เทคนิคการเขียนแบบทดสอบวัดพฤติกรรมด้านความรู้และความคิด

3.2 การเขียนแบบทดสอบจะต้องยึดผลวิเคราะห์ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรเป็นหลัก

3.3 หากมีปัญหาด้านเนื้อหาหรือด้านเทคนิควิธีการเขียนแบบทดสอบ หากเขียนในรูปของคณะกรรมการก็ควรมีการประชุม ตกลงกัน หากเขียนแบบทดสอบคนเดียวก็ควรปรึกษาผู้รู้และผู้เชี่ยวชาญในการเขียนแบบทดสอบหรือนักวัดผล

4. ขั้นประเมินหรือตรวจสอบคุณภาพ ขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำผลไปปรับปรุงแบบทดสอบ ซึ่งแยกเป็นชั้นย่อย ๆ ดังนี้

4.1 ขั้นประเมินเบื้องต้น เป็นขั้นของการวิจารณ์แบบทดสอบ โดยอาจจะให้บุคคลอื่นหรือผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาแบบทดสอบที่ผ่านการพิจารณา ผู้เขียนแบบทดสอบจะต้องนำไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพในเบื้องต้นก่อนจะนำไปทดลองจริง

4.2 ขั้นตรวจคุณภาพหลังการทดลอง แบบทดสอบผ่านการพิจารณาและนำไปปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วจะนำไปจัดพิมพ์เพื่อนำไปทดลอง (Try out) และเมื่อนำไปทดลองแล้วจะต้องนำมาตรวจคะแนนและทำการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งเป็นการพิจารณาในเรื่องต่อไปนี้

4.2.1 ความยากง่าย (Difficulty)

4.2.2 อำนาจจำแนก (Discrimination)

4.2.3 หาค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ ได้แก่ คะแนนเฉลี่ยและความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยจะทำให้ทราบว่า แบบทดสอบทั้งฉบับมีความยากง่ายอยู่ในระดับใด ส่วนค่าความแปรปรวนจะทำให้ทราบว่ากลุ่มที่ใช้ในการทดลองแบบทดสอบนั้นมีความสามารถแตกต่างกันหรือกระจายกันมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแบบทดสอบ

4.3 ขั้นตรวจสอบขั้นสุดท้าย แบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขจนได้คุณภาพของแบบทดสอบในเรื่องของความยากง่ายและอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เรียบร้อยแล้ว จะต้องนำแบบทดสอบนั้นไปทดสอบกับคนกลุ่มใหญ่ ที่ครอบคลุมความสามารถทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อนกระจายกัน แล้วทำการประเมินคุณภาพครั้งสุดท้ายและสร้างเกณฑ์ปกติ การประเมินคุณภาพครั้งสุดท้าย เป็นการหาค่าต่อไปนี้

4.3.1 ความเที่ยงและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของแบบทดสอบทั้งฉบับ

4.3.2 ค่าสถิติพื้นฐานทั้งฉบับ

5. ขั้นจัดพิมพ์และการจัดทำคู่มือการใช้การจัดพิมพ์กระทำภายหลังการประเมินคุณภาพของแบบทดสอบแบ่งเป็นชั้นย่อย ๆ ดังนี้

5.1 การจัดพิมพ์ขั้นต้น กระทำภายหลังการวิจารณ์แบบทดสอบและปรับปรุงแก้ไขขั้นต้นเพื่อที่จะนำไปทดลองใช้ (Try out) ครั้งแรก

5.2 การจัดพิมพ์ภายหลังการทดลอง กระทำภายหลังการนำแบบทดสอบไปทดลองในแต่ละครั้งและได้หาคุณภาพของข้อสอบ และปรับปรุงแบบทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะต้องนำแบบทดสอบนั้นมาทำต้นฉบับเพื่อจัดพิมพ์ใหม่

5.3 การจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ เป็นการพิมพ์ครั้งสุดท้ายหลังจากการหาคุณภาพและปรับปรุงเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

สุไรยา หมัดหมั่น (2549, หน้า 54) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการพัฒนาแบบทดสอบ
2. ศึกษาทฤษฎี หลักสูตร และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์ขอบเขตของเนื้อหาในการพัฒนา
3. กำหนดกรอบปัญหาตามขอบเขตของเนื้อหา

4. สร้างเครื่องมือตามกรอบปัญหา

5. ตรวจสอบคุณภาพขั้นต้นของแบบทดสอบและเกณฑ์การตรวจให้คะแนนโดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ทางการสอนอย่างน้อย 5 ปี และผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ทางการวัดผลทางการศึกษา รวมจำนวน 5 คน เป็นผู้ตรวจสอบความตรงของสถานการณ์และข้อคำถาม

6. ทดลองใช้แบบทดสอบและตรวจสอบคุณภาพหลังการทดลอง โดยหาคุณภาพในด้านค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ความตรง และความเที่ยงของแบบทดสอบ

7. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบ และจัดพิมพ์แบบทดสอบเป็นรูปเล่ม

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์และคณะ (สุพัฒตา ภูสอด้ดี, 2553, หน้า 30-31; อ้างถึงในสมหวัง พิธิยานุวัฒน์และคณะ, หน้า 48) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ไว้ใน "การพัฒนาแบบทดสอบความเรียง" ซึ่งเป็นตำราโครงการจัดตำราเพื่อการพัฒนาคุณภาพการศึกษาในระดับอุดมศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาลำดับถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ไว้ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการสอบ โดยมุ่งเน้นในการทดสอบทักษะเป็นการแก้ปัญหา กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ มากกว่าการนำมาทดสอบความรู้อย่างเดียว

2. เขียนโจทย์โดยกำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง อาจจะเป็นปัญหาผู้ป่วยหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในสาขาวิชาชีพ โดยดำเนินให้สอดคล้องต่อเนื่องกันในแต่ละตอนให้เหมือนหรือคล้ายกับสภาพจริง

3. กำหนดขอบเขตของคำถามให้เหมาะสมกับสถานการณ์หรือข้อมูลที่กำหนดไว้ให้ เช่นถามถึงการซักประวัติที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือสาเหตุ เป็นต้น

4. ระดมคำตอบที่เป็นไปได้ ยอมรับได้ โดยรวบรวมตั้งแต่คำตอบที่เป็นไปได้มากที่สุด หรือถูกต้อง จนถึงถูกต้องน้อยที่สุดแต่ยังยอมรับได้ ควรกำหนดให้ชัดเจนว่ายอมรับได้ที่คำตอบเพื่อลดการเดาคำตอบที่ถูกต้อง จะได้คำตอบที่ตรงตามปัญหาและมีข้อมูลสนับสนุนมากที่สุด

5. อภิปรายให้ข้อคิดเห็นในแต่ละคำตอบ โดยพิจารณาจากปัญหาที่ระบุไว้และข้อมูลที่กำหนดให้และพิจารณาคำตอบที่ถูกต้องมากที่สุดลดหลั่นลงไปจนครบตามกำหนด โดยใช้กรรมการ 3-4 คนช่วยกันพิจารณาคำตอบ

6. สรุปคำตอบจากการอภิปรายว่าคำตอบใดถูกต้องที่สุด หรือคำตอบโดยยอมรับได้บ้าง จัดลำดับของคำตอบให้ครบจากข้อที่ถูกต้องที่สุด ข้อที่ยอมรับได้ ตลอดจนข้อที่ผิด

7. กำหนดคะแนนของแต่ละคำตอบให้เหมาะสม โดยพิจารณาจากความยากง่ายของ ปัญหาความถูกต้องกับปัญหาที่กำหนดและเวลาที่ใช้ในการตอบของแต่ละคำถาม

8. พิจารณาเวลาที่เหมาะสมสำหรับแบบทดสอบแต่ละตอน ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลและความยากง่ายของข้อสอบโดยการประเมินจากเวลาที่ผู้ออกข้อสอบใช้ในการตอบข้อสอบ แล้วเพิ่มเวลาให้อีก 25 - 30 %

9. จัดเตรียมคำแนะนำในการตอบ เพื่อให้ข้อสอบมีความสมบูรณ์ในแต่ละตอนตั้งแต่แรกจนถึงตอนสุดท้าย

10. ทบทวนและทดลองใช้เพื่อป้องกันความผิดพลาดแต่ต้องระวังอย่าให้ข้อสอบรั่ว โดยทดสอบกับกลุ่มผู้สอนหรือคณะกรรมการ และอาจใช้ทดสอบกับนักศึกษาในกลุ่มทดลองแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม

กติกิร กมลรัตน์สมบัติ (2558 : 29) ได้สรุปถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบอัตนัย ประยุกต์ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
2. ศึกษาหลักสูตรทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
3. กำหนดขอบเขตของคำถามให้เหมาะสมกับสถานการณ์
4. เขียนข้อสอบตามลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
5. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและเกณฑ์การตรวจให้คะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญ
6. ทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 1
7. วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อสอบ
8. ทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 2
9. วิเคราะห์ข้อสอบคัดเลือกข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์และดำเนินการปรับปรุงแบบทดสอบ
10. ทดสอบเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อและทั้งฉบับ
11. สร้างเกณฑ์แบบปกติ
12. สร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบและจัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

สำหรับการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
2. ศึกษาเอกสารทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ หลักสูตรสถานศึกษา
3. วิเคราะห์เนื้อหาและจุดมุ่งหมายของหลักสูตร เพื่อกำหนดกรอบของเนื้อหา
4. เขียนแบบทดสอบตามลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
5. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและเกณฑ์การตรวจให้คะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญ
6. ทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 1
7. วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อสอบ โดยการวิเคราะห์ความยากง่าย
อำนาจจำแนก
8. ทดลองใช้แบบทดสอบครั้งที่ 2
9. วิเคราะห์ข้อสอบ โดยการวิเคราะห์ความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน ความ
เที่ยงแบบความสอดคล้องภายในและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง
10. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบและจัดทำรูปเล่ม

3.5 คุณภาพของแบบทดสอบ

แบบทดสอบเป็นสิ่งจำเป็นต่อการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน เพราะเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพการเรียนการสอน ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลที่มีความตรงสูง ดังนั้น แบบทดสอบที่มีคุณภาพควรมีลักษณะดังนี้

ชวาล แพรัตกุล (2516, หน้า 125 – 138) ได้สรุปถึงลักษณะที่ดีของแบบทดสอบไว้ 10 ประการ คือ

1. ความตรง (Validity) หมายถึง คุณลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งแยกได้ 4 ชนิด คือ

1.1 ความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) คือ ข้อสอบมีคำถามสอดคล้องตามเนื้อหาในหลักสูตร

1.2 ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ลักษณะข้อสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ตรงตามที่กำหนดไว้

1.3 ความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง ลักษณะของข้อสอบที่วัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริงของผู้เรียนในขณะนั้น

1.4 ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity) คือ ลักษณะของข้อสอบที่สามารถวัดแล้วทำนายได้ในอนาคต

2. ความเที่ยง (Reliability) คือ ข้อสอบนั้นสามารถให้คะแนนได้คงที่แน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงไปเปลี่ยนมา

3. อำนาจจำแนก (Discrimination) คือ ลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถจะแยกหรือจำแนกผู้เรียนเก่ง – อ่อนได้ นั่นคือ เมื่อทดสอบแล้วจะบอกได้ว่าใครเก่งอ่อนอย่างไร

4. ความเป็นปรนัย (Objectivity) ข้อสอบที่จะมีความเป็นปรนัยได้นั้น ต้องประกอบด้วยคุณสมบัติ 3 ประการ คือ

4.1 มีความชัดเจนในความหมายของคำถาม ทุกคนอ่านแล้วเข้าใจตรงกันว่าถามว่าอะไร ส่วนใครจะตอบถูกหรือไม่ขึ้นอยู่กับความรู้ หรือความสามารถของแต่ละคน

4.2 มีความคงที่ในการตรวจให้คะแนน จะให้ใครตรวจก็คงได้คะแนนเหมือนกัน

4.3 มีความชัดเจนในการแปลความหมายของคะแนน

5. ความมีประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง ลักษณะข้อสอบที่มีคุณสมบัติที่แสดงถึงการประหยัด มีราคาถูก ง่ายในการดำเนินการสอบ พิมพ์ชัดเจน อ่านง่ายมีเนื้อหามากแต่ใช้เวลาสอบน้อย

6. วัดอย่างลึกซึ้ง (Searching) หมายถึง ลักษณะของข้อสอบที่ถามครอบคลุมพฤติกรรมหลายๆด้าน ไม่ใช่วัดแต่ความรู้ความจำอย่างเดียว

ทั้ง 6 ประการที่กล่าวมาแล้วนั้น เป็นหัวใจสำคัญของลักษณะข้อสอบที่ดี

7. แบบทดสอบที่ดีต้องยุติธรรม (Fair) เปิดโอกาสให้เด็กคนใดคนหนึ่งได้เปรียบคนอื่น

8. แบบทดสอบที่ดีต้องจำเพาะเจาะจง (Definite) ไม่ถามหลายแง่หลายมุมข้อเดียวพยายามถามเพียงอย่างเดียว กำหนดทิศทางขอบเขตและระดับของคำตอบ

9. มีความยากง่ายพอเหมาะ (Difficulty) ไม่ยากหรือง่ายเกินไป

10. มีการกระตุ้นยูแห่ (Exemplary) มีการจัดเอาข้อสอบง่าย ๆ ไว้ในตอนแรก ๆ แล้ว จึงค่อย ๆ ถ้ามให้ยากขึ้นตามลำดับ เป็นการเร้าให้เด็กเกิดความพยายามที่จะทำข้อสอบให้ได้ ทั้งหมด

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบ รวม 6 ด้าน คือ ความตรงตามเนื้อหา ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนและความตรงเชิงโครงสร้าง

1. ความตรง (Validity)

1.1 ความตรงเป็นคุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตามลักษณะหรือ จุดประสงค์ที่ต้องการวัด ความตรงในการวัดจำแนกตามคุณลักษณะหรือจุดประสงค์ที่ต้องการวัด ได้ 3 ประเภท (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539, หน้า 246) ดังนี้

1. ความตรงตามเนื้อหา (Content Validity)

2. ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related Validity) จำแนกเป็น 2 ชนิด

คือ

2.1 ความตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity)

2.2 ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Predictive Validity)

3. ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity)

ในที่นี้จะกล่าวถึงความตรงที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ คือ ความตรงตามเนื้อหาและ ความตรงเชิงโครงสร้าง

ความตรงตามเนื้อหา หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตามเนื้อหา ที่ต้องการจะวัด โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางสาขาพิจารณาว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นวัดได้ตรง ตามเนื้อหาที่ต้องการวัด จากนั้นนำค่าการพิจารณามาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) โดยสูตรของ Rowinelli and Hambleton (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539, หน้า 249)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง -1 ถึง +1

$\sum R$ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ดังนั้น การพิจารณาค่า IOC นี้จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงถือว่าวัดได้ สอดคล้องกัน

1.2 ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่ให้ผลการวัดสอดคล้องกับคุณลักษณะที่มุ่งวัดในทางที่ทฤษฎีที่ตั้งไว้ นิยมใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) เป็นส่วนหนึ่งของโมเดลสมการโครงสร้าง มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบหรือยืนยันทฤษฎีที่ค้นพบโดยตนเองหรือผู้อื่นเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างแนวคิดเชิงทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ปกรณีย์ ประจัญบาน (2561, หน้า 385-386) ได้นำเสนอข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันดังนี้

1. ตัวแปรสังเกตได้ที่คัดเลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบต้องเป็นตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่องหรือมีค่าในมาตราวัดระดับอันตรภาคและมาตราวัดระดับอัตราส่วน
2. ข้อมูลควรมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ปัจจุบันข้อตกลงเกี่ยวกับข้อมูลมีลักษณะแจกแจงเป็นแบบพหุนาม สามารถฝ่าฝืนได้ในกรณีที่ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่
3. ตัวแปรสังเกตได้ต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างกันและสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง
4. องค์ประกอบร่วมทุกตัวมีความสัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกัน
5. ตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวได้รับอิทธิพลจากทุกองค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะ
6. เทอมความคลาดเคลื่อนต้องมีลักษณะ ดังนี้ 1) ต้องไม่สัมพันธ์กับตัวแปรแฝงใด ๆ ในโมเดล 2) มีลักษณะการแจกแจงปกติ 3) มีการกระจายเป็นเอกพันธ์ 4) เป็นหรือไม่เป็นอิสระจากความคลาดเคลื่อนอื่น ๆ
7. ตัวอย่างควรมีขนาดใหญ่ มีการแจกแจงแบบเชิงเส้นกำกับ ขนาดตัวอย่างควรมากกว่าจำนวนตัวแปรอย่างน้อย 5 - 20 เท่า และไม่ควรมีน้อยกว่า 200 ตัวอย่าง (Hair, et al.,

2010) และในกรณีโมเดลการวัดที่มีตั้งแต่ 3 องค์ประกอบขึ้นไป ควรใช้กลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 50 หน่วยตัวอย่างขึ้นไป (Aroian & Norris, 2001)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง มีขั้นตอนดังนี้ (ปกรณัม ประจัญบาน, 2561, หน้า 387)

1. การพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้างตามสมมุติฐาน
2. การกำหนดขนาดตัวอย่าง
3. การประมาณค่าพารามิเตอร์
4. การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์
5. การปรับโมเดล

เมื่อผู้วิจัยปรับโมเดลจนมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักขององค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ พบว่ามีน้ำหนักองค์ประกอบบางตัวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้บางตัวไม่สัมพันธ์กับตัวแปรแฝง ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบางตัวในโมเดลไม่เป็นไปตามทฤษฎี ซึ่งสามารถตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ตามเกณฑ์การพิจารณาตัดสินใจ พิจารณาดังนี้ (ปกรณัม ประจัญบาน, 2561, หน้า 52)

ตาราง 1 แสดงค่าดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์และเกณฑ์การพิจารณาตัดสินใจ

ค่าดัชนี	เกณฑ์
Chi- square/df	<2
Chi- square: χ^2	>.05
RMSEA	≤.05
SRMR	≤.05
TLI	>.95
CFI	>.95

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความตรงของแบบทดสอบ

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความตรง (สุไรยา หมัดหมัน, 2549, หน้า 63)

1. ความยาวของแบบทดสอบ ยิ่งมีจำนวนข้อมากเท่าใด ก็ยิ่งมีความตรงมากขึ้น
2. พิสัยของความสามารถ (Range of Ability) ของนักเรียน ถ้ากระจายมากจะทำให้แบบทดสอบฉบับนั้นมีความตรงสูง
3. เวลาในการสอบ ถ้าให้เวลาในการสอบน้อย จะทำให้ผู้สอบเดาคำตอบข้อที่ทำได้ ซึ่งจะทำให้ค่าความตรงของแบบทดสอบลดลง
4. ความยากของข้อสอบ ข้อสอบที่ยากหรือง่ายเกินไปจะทำให้ความตรงของแบบทดสอบต่ำ
5. ความเป็นปรนัยของข้อสอบ ถ้าการให้คะแนนไม่เป็นปรนัย ใช้ภาษาไม่ชัดเจน คำสั่งไม่ชัด กำกวม จะทำให้ความตรงของแบบทดสอบเปลี่ยนแปลงไปด้วย
6. เกณฑ์ที่เลือกใช้ จะมีผลทำให้ความตรงของแบบทดสอบเปลี่ยนไป คือ ถ้าเกณฑ์ที่ใช้มีความเที่ยงต่ำ ค่าความตรงจะต่ำด้วย

2. ความยากง่าย (Difficulty)

ในการสร้างแบบทดสอบความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของผู้ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก ซึ่งค่าความยากง่ายสามารถคำนวณได้จากจำนวนผู้ตอบที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูกหารด้วยจำนวนผู้ตอบที่ตอบข้อสอบข้อนั้นทั้งหมด ค่าความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการหาความยากง่ายของแบบทดสอบอัตนัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เมื่อเป็นแบบทดสอบอัตนัย ซึ่งระบบการให้คะแนนไม่เป็น 0,1 วิทนีย์และซาเบอส์ (โกวิท ประวาลพุกษ์, 2527, หน้า 27) ได้เสนอค่าความยากง่ายของข้อสอบ คือ สัดส่วนของความแตกต่างของคะแนนสูงสุดและต่ำสุดที่ผู้ตอบทำได้ ซึ่งคือคะแนนเฉลี่ยของขั้นที่เป็นตัวแทนนั่นเอง สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ค่าความยากง่าย} = \frac{S_H + S_L - (n_T)(X_{\min})}{n_T(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ S_H แทน ผลรวมของคะแนนในแต่ละข้อกับจำนวนของผู้ตอบที่ได้คะแนนนั้น ๆ
ของคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนในแต่ละข้อกับจำนวนของผู้ตอบที่ได้คะแนนนั้น ๆ
ของคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{\max} แทน คะแนนสูงสุดที่ผู้ตอบทำได้

X_{\min} แทน คะแนนต่ำสุดที่ผู้ตอบทำได้

n_T แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

การแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก จะแปลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 2 แสดงการแปลความหมายของค่าความยากง่าย

ค่าความยากง่าย	ความหมาย
0.80 – 1.00	เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก (ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60 – 0.79	เป็นข้อสอบค่อนข้างง่าย
0.40 – 0.59	เป็นข้อสอบที่ยากพอเหมาะ อยู่ในเกณฑ์ที่ดี
0.20 – 0.39	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00 – 0.19	เป็นข้อสอบที่ยากมาก (ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความยากง่ายของข้อสอบ

คอมพ์เบล (สุไรยา หมัดหมัน, 2549, หน้า 58 อ้างถึงใน Campbell, 1961, หน้า 899 – 913)

กล่าวถึง องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความยากของข้อสอบมี 2 ประเภท คือ

1. องค์ประกอบภายใน (intrinsic Factors) ประกอบด้วย

1.1 เนื้อหาของข้อสอบแต่ละข้อ (item content) ในด้านความซับซ้อน ความเป็น

นามธรรม และความแปลกใหม่

1.2 โครงสร้างของข้อสอบ (item structure) หมายถึงวิธีแสดงออกซึ่งเนื้อหาเท่านั้น

2. องค์ประกอบภายนอก (extrinsic factors) ประกอบด้วย

- 2.1 ความไม่คุ้นเคยต่อเนื้อหา (untamilliality) อยู่นอกเหนือประสบการณ์ของผู้ตอบ
- 2.2 สิ่งที่สัมพันธ์กับข้อสอบ (item context) เช่น ข้อสอบที่อยู่ใกล้เคียงกัน
- 2.3 ตัวแปรด้านบุคลิกภาพ ได้แก่ สภาพร่างกาย ลักษณะนิสัยและความตั้งใจของผู้สอบ

นอกจากองค์ประกอบที่กล่าวแล้ว ธรรมชาติของเนื้อหา พฤติกรรมที่ต้องการวัดและตัวการที่สลับซับซ้อนอื่นๆ เช่น ภาษาที่ใช้ รูปแบบคำถาม คำชี้แจงต่าง ๆ ยังเป็นองค์ประกอบที่อาจจะมีอิทธิพลต่อความยากของข้อสอบได้อีกด้วย

3. อำนาจจำแนก (Discrimination)

อำนาจจำแนกเป็นประสิทธิภาพของข้อสอบที่จำแนกกลุ่มผู้ตอบออกได้ตามระดับความสามารถ เช่น จำแนกกลุ่มเก่ง – กลุ่มอ่อน กลุ่มรอบรู้ – กลุ่มไม่รอบรู้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539, หน้า 185) ค่าอำนาจจำแนกจะมีความหมายในรูปค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่าระหว่าง -1 ถึง +1 โดยทั่วไปแล้วข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกใช้ได้จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.20 ถ้าข้อสอบข้อนั้นมีค่าอำนาจจำแนกใกล้ +1 แสดงว่า ข้อสอบข้อนั้นสามารถจำแนกคนเก่งคนอ่อนได้ถูกต้องสูง ส่วนข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเป็นลบถือว่าจำแนกผิดพลาดทิศทางไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเป็น 0 แสดงว่าไม่สามารถจำแนกคนเก่งคนอ่อนได้

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการหาอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอัตนัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ในการคำนวณหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ เมื่อเป็นแบบทดสอบอัตนัยสามารถคำนวณได้ดังนี้ (โกวิท ประวาลพุกษ์, 2527, หน้า 264)

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{S_H - S_L}{n_H (X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ S_H แทน ผลรวมของคะแนนในแต่ละข้อกับจำนวนของผู้ตอบที่ได้คะแนนนั้น ๆ ของคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนในแต่ละข้อกับจำนวนของผู้ตอบที่ได้คะแนนนั้น ๆ ของคะแนนกลุ่มสูง

X_{max} แทน คะแนนสูงสุดที่ผู้ตอบทำได้

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดที่ผู้ตอบทำได้

n_H แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

การแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก จะแปลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 3 แสดงการแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539, หน้า 198)

ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย
ตั้งแต่ 0.40	มีอำนาจจำแนกดีมาก
0.30 - 0.39	มีอำนาจจำแนกดี
0.20 - 0.29	มีอำนาจจำแนกปานกลาง
0.0 - 0.19	ควรปรับปรุง
ต่ำกว่า 0.00	ควรตัดทิ้ง

ในการแบ่งกลุ่มเพื่อวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ นิยมใช้ 27% ในการแบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ซึ่งเคลลี (ไตรรงค์ เจนการ, 2530, 28 อ้างถึงใน Kelley, 1939) ได้เสนอผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ากลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ จะมีลักษณะแตกต่างกันมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อมีขนาดของกลุ่มประมาณ 27% จะทำให้ทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันมากที่สุด

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

อนันต์ ศรีโสภา (2525, หน้า 191) กล่าวถึงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่ออำนาจจำแนกของแบบทดสอบไว้ดังนี้ ค่าระดับความยากง่ายนี้มีความสัมพันธ์กับค่าอำนาจจำแนก กล่าวคือ ข้อสอบที่มีระดับความยากมากหรือง่ายมากจะไม่สามารถจำแนกความสามารถของนักเรียนได้โดยการที่ค่าอำนาจจำแนกสูงสุด หมายความว่า นักเรียนทุกคนกลุ่มสูงตอบถูกหมดและนักเรียนทุกคนในกลุ่มต่ำตอบผิดหมด ค่าระดับความยากง่ายจะทำให้ค่าอำนาจจำแนกสูงสุดจะมีค่า

เท่ากับ 0.50 ถ้าไม่มีอิทธิพลของการเดาเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจะต้องระลึกว่าข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.50 อาจจะทำให้ข้อสอบนั้นมีค่าอำนาจจำแนกสูงสุดหรือไม่มีเลยก็ได้ เพราะอาจจะเกิดกรณีที่ว่าครั้งหนึ่งของกลุ่มสูงตอบถูกและอีกครั้งหนึ่งของกลุ่มต่ำตอบถูก ก็จะทำให้ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0 ได้ ซึ่งหมายความว่า ค่าอำนาจจำแนกจะมีค่าสูงสุด เมื่อค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.50 แต่ถ้าค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.50 ก็มีได้ทำให้ให้ค่าอำนาจจำแนกสูงสุดเสมอไป

4. ความเป็นปรนัย

ชวาล แพรัตกุล (2516, หน้า 69) ได้ให้ความหมายความเป็นปรนัยของแบบทดสอบว่า หมายถึง ความชัดเจน ความถูกต้องตามหลักวิชา และความเข้าใจตรงกัน ความเป็นปรนัยของแบบทดสอบเป็นคุณสมบัติของแบบทดสอบที่ดี ซึ่งไม่ว่าใครจะเป็นคนใช้แบบทดสอบนั้นวัด ก็จะทำให้ผลการวัดที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสมบัติ 3 ประการ คือ

1. มีความชัดเจนในความหมายของคำถาม ทุกคนอ่านแล้วเข้าใจตรงกันว่าถามว่าอะไร ส่วนใครจะตอบถูกหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับความรู้ หรือความสามารถของแต่ละคน
2. มีความคงที่ในการตรวจให้คะแนน จะให้ใครตรวจก็คงได้คะแนนเหมือนกัน
3. มีความชัดเจนในการแปลความหมายของคะแนน

ความเป็นปรนัยของแบบทดสอบ จะทำให้เกิดคุณสมบัติของความเชื่อถือได้ของคะแนน จากแบบทดสอบ อันจะนำไปสู่ความแม่นยำตรงของการวัดผลด้วย

ในที่นี้จะกล่าวถึงความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน ซึ่งใช้ในการวิจัยครั้งนี้

การหาความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (ลัวัน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539, หน้า 178) ถ้าพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่ามีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

r_{xy} แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

n แทน จำนวนผู้สอบ

X แทน คะแนนของผู้ตรวจคนที่ 1

Y แทน คะแนนของผู้ตรวจคนที่ 2

5. ความเที่ยง (Reliability)

ความเที่ยง (Reliability) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่ให้ผลการวัดความคงเส้นคงวา วัดครั้งแรกเป็นอย่างไร เมื่อวัดซ้ำอีกครั้งโดยใช้แบบทดสอบชุดเดิมกับผู้ตอบกลุ่มเดิม ผลการวัดย่อมเหมือนเดิมหรือใกล้เคียง ค่าความเที่ยงจะมีค่าระหว่าง -1 ถึง +1 และจะพิจารณาเฉพาะค่าบวกเท่านั้น ซึ่งควรมีค่ามากกว่า 0.70 (ส่วน สายยศ และ อังคนา สายยศ, 2539, หน้า 209) จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อถือได้

ในการประเมินค่าความเที่ยงสามารถทำได้หลายวิธีและในแต่ละวิธีต่างมีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน วิธีประมาณค่าความเที่ยงจะกล่าวต่อไปนี้เป็นวิธีการหาความเที่ยงของการวัดแบบอิงกลุ่ม ซึ่งแบ่งเป็น 3 วิธี (โกวิท ประวาลพุกษ์, 2527, หน้า 280)

1. วิธีแบบสอบซ้ำ (Measures of Stability)
2. วิธีใช้ข้อสอบคู่ขนาน (Measures of Equivalence)
3. วิธีวัดความคงที่ภายใน (Measures of Internal Consistency) ซึ่งมีวิธีการประมาณค่าความเที่ยงดังนี้

3.1 วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split – half Method)

3.2 วิธีของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson Procedure)

3.3 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient)

3.4 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์ (Hoyts Analysis of Variance Procedure)

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, หน้า 35-51) กล่าวว่า การหาค่าความเที่ยงสามารถทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีมีความคล้ายคลึงกันในการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด ซึ่งได้มาจากเครื่องมือเดียวกัน หรือเครื่องมือที่เป็นคู่ขนานกัน ความเที่ยงสามารถจำแนก ออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. ความเที่ยงแบบความคงที่ (Measure of Stability) หมายถึง ความคงเส้นคงวาของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาต่างกัน โดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบทดสอบเดิม (Test - Retest Method) ประเมินค่าโดยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนน ที่วัดได้จากกลุ่มคนเดียวกัน ด้วยเครื่องมือเดียวกัน โดยทำการวัดสองครั้งในเวลาที่แตกต่างกัน

2. ความเที่ยงแบบความสมมูล (Measure of Equivalence) หมายถึง ความสอดคล้องกันของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน โดยใช้แบบทดสอบที่สมมูลกัน (Equivalent - Forms Method) ประเมินค่าโดยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้ในเวลาเดียวกันจากคนกลุ่มเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับที่ตัดเทียมกัน

3. ความเที่ยงแบบความคงที่และสมมูล (Measure of Stability and Equivalence) หมายถึง ความสอดคล้องของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาที่ต่างกันโดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบทดสอบที่สมมูลกัน (Test - Retest With Equivalent Forms) ประเมินค่าโดยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้ในเวลาที่ต่างกัน จากกลุ่มคนกลุ่มเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับที่ตัดเทียมกัน

4. ความเที่ยงเชิงความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency) หมายถึง ความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อหรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหารายข้อ อันเป็นตัวแทนของคุณลักษณะเด่นเดียวกันที่ต้องการวัดโดยใช้วิธีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (Split half Method)

4.2 วิธีของ คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson Method)

4.3 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' 5 Alpha Method)

4.4 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Hoyt (Hoyt, 1941)

ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะความเที่ยงโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ซึ่งเป็นวิธีประมาณค่าความเที่ยงที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เป็นวิธีที่นิยมใช้มากสำหรับ การประมาณค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน เพราะสะดวกในการนำไปใช้ เนื่องจากทำการทดสอบกลุ่มผู้สอบเพียงกลุ่มเดียว และยังสามารถใช้ได้กว้างขวางกับแบบทดสอบที่ให้คะแนน 0-1 หรือให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก หรือกำหนดคะแนนแบบมาตรฐานค่า (Rating Scale) หรือ

แม้แต่ข้อสอบแบบอัตนัย (Essay Test) สูตรที่ใช้ในการคำนวณสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ดังนี้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539, หน้า 218)

$$\alpha = \left[\frac{n}{n-1} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_i^2} \right]$$

เมื่อ α แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

σ_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อสอบแต่ละข้อ

σ_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนของผู้สอบทั้งหมด

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความเที่ยง

ไตรรงค์ เจนการ (2530, หน้า 33) องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความเที่ยงของแบบทดสอบ

คือ

1. จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ (Test Length) โดยทั่วไปแบบสอบที่ยาวกว่าหรือที่มีจำนวนมากข้อกว่าจะมีค่าความเที่ยงสูงกว่าแบบทดสอบที่มีจำนวนข้อสอบน้อยกว่า สิ่งนี้เป็นความจริงเพราะว่าความคลาดเคลื่อนเกิดการสุ่มในทางบวกและทางลบภายในแบบทดสอบจะดีขึ้น กล่าวคือ ผู้สอบมีโอกาสที่จะแสดงความสามารถที่แท้จริงได้ สูตรที่เพิ่มค่าความเที่ยงของแบบทดสอบโดยเพิ่มจำนวนข้อสอบในแบบสอบ เราใช้สูตรของ สเปียร์แมน-บราวน์ (Spearman-Brown)

2. เวลาที่ใช้ในการสอบ (Speed) ในการสอบแบบชนิด Speed Test ที่เป็นการทดสอบให้นักเรียนทำถูกต้องมากที่สุด แต่ความจริงแล้วก็ไม่มีผู้ใดทำได้ครบทุกข้อ ดังนั้นความแตกต่างของคะแนนที่นักเรียนได้ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อสอบที่นักเรียนทำได้ ด้วยเหตุนี้การทดสอบแบบ Speed Test จึงควรหาความเที่ยงด้วยวิธีสอบซ้ำ หรือสอบโดยใช้แบบสอบคู่ขนาน ถ้าหากใช้วิธีวัดความคงที่ภายในจะทำให้ค่าความเที่ยงสูงกว่าที่ควรจะเป็น

3. ความเป็นเอกพันธ์ของกลุ่มผู้เข้าสอบ (Group Homogeneity) นับว่าเป็นองค์ประกอบที่สามที่ส่งผลถึงการประมาณค่าความเที่ยงของแบบสอบ ถ้าหากว่ากลุ่มผู้เข้าสอบมี

ความแตกต่างกันมาก ก็จะได้ค่าความเที่ยงสูงกว่าการสอบกับกลุ่มผู้เข้าสอบที่มีความเป็นเอกพันธ์ เพราะว่าความแปรปรวนของคะแนนที่นักเรียนในกลุ่มมีความแตกต่างกันมากจะมีค่าสูง จึงพลอยทำให้ค่าความเที่ยงสูงตามไปด้วย

4. ความยากของข้อสอบ (Difficulty of Items) ความยากของแบบสอบและความแตกต่างของข้อสอบแต่ละข้อ จะส่งผลถึงความเที่ยงได้เช่นกัน ทั้งนี้ ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบย่อมขึ้นอยู่กับความแปรปรวนของคะแนนผลการสอบ ถ้าความแปรปรวนระหว่างคะแนนผลการสอบมีน้อย ย่อมได้ค่าความเที่ยงต่ำกว่าคะแนนผลการสอบที่มีความแปรปรวนมาก ดังนั้นถ้าแบบทดสอบง่ายมากหรือยากมาก นักเรียนทุกคนถูกหมดหรือผิดหมด กรณีเช่นนี้จะได้ความแปรปรวนระหว่างคะแนนผลการสอบมีน้อยมาก จึงทำให้ความเที่ยงของแบบทดสอบต่ำ

5. ความเป็นปรนัย (Objectivity) แบบสอบที่มีความเป็นปรนัยสูงค่าความเที่ยงของแบบสอบจะสูงขึ้นด้วย

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยหาคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์รวม 6 ด้าน คือ ความตรงเชิงเนื้อหาโดยหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อว่าวัดได้ตรงตามเนื้อหา และวัดตรงลำดับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวทางการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในหาโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาและความตรงเชิงโครงสร้างโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

4.1.1 งานวิจัยในประเทศ

อมรลักษณ์ ฤทธิเดช (2553, หน้า 58-59) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 2) ศึกษาเจตคติต่อการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนตะโหนด จังหวัดพัทลุง จำนวน 48 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้ กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.815 และแบบวัดเจตคติต่อการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.879 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบความแตกต่างโดยการทดสอบค่าที (t-test) ซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์สูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 2) นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีเจตคติต่อการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์หลังการสอนอยู่ในระดับมากโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.77

เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558, หน้า 88-89) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 และ 3) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จำนวน 45 คน เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์แบบเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ และ 3) แบบวัดความสามารถในการแก้

โจทย์ปัญหาทางพีลิกส์เป็นแบบอัตโนมัติ จำนวน 5 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาพีลิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางพีลิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาพีลิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางพีลิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 3) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาพีลิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางพีลิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559, หน้า 49) ได้ศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาพีลิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี: ภาควิชาศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาพีลิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และเปรียบเทียบข้อบกพร่องโดยจำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้นักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่มจำนวน 1 ห้องเรียน ได้จำนวน 49 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือ แบบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาพีลิกส์ เนื้อหาพีลิกส์ที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย 3 เรื่อง คือ ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง และทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าเบื้องต้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ค่าร้อยละ การทดสอบค่าทีและการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว ผลการวิจัยพบว่า 1) นักศึกษาส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาพีลิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดคือ ชั้นที่ 5 ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์ ชั้นที่ 3 ชั้นวางแผนแก้ปัญหา ชั้นที่ 4 ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ชั้นที่ 2 ชั้นอธิบายหลักการทางพีลิกส์ และชั้นที่ 1 ชั้นพิจารณาปัญหา 2) นักศึกษาที่มีเพศต่างกัน ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ไม่แตกต่างกัน เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยคือ ชั้นที่ 5, 3, 4, 2 และ 1 ตามลำดับ 3) นักศึกษาที่มีระดับ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน ข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กติกกร กมลรัตน์สมบัติ (2558, หน้า 137-147) ได้ศึกษาผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยม การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง 2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และ 3) เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจาก แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การวิจัยประเภทกึ่งทดลองแบบอนุกรมเวลา ตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้คือ แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีจำนวน 3 ฉบับที่มีความเป็นคู่ขนานกัน แต่ละฉบับมีจำนวน 3 เหตุการณ์เรื่องจำนวนความยาว ระยะเวลา 2) แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีสถานการณ์และข้อคำถามที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา 3) นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงที่สุดในระยะที่ 3 ทั้งกลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและกลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.1.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Gaigher และคณะ (2007, หน้า Abstract) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาระบวนการคิดของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์โดยวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของ Heller Group ซึ่งมี 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการเขียนแผนภาพจากโจทย์ 2) ขั้นแสดงข้อมูลต่าง ๆ

ลงในแผนภาพ 3) ชั้นระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 4) ชั้นวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการทางพีลิสต์
 5) ชั้นการเขียนสมการสำหรับใช้ในการหาคำตอบ 6) ชั้นการแทนค่าตัวแปรเพื่อแก้สมการ และ
 7) ชั้นแปลความหมายของคำตอบที่ได้ ผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มทดลองมีนักเรียนที่มีพัฒนาการ
 ของกระบวนการคิดสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเรียนโดยใช้วิธีการ
 แก้ไขปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนสามารถทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาระบวนการคิดในวิชาพีลิสต์ได้

4.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

4.2.1 งานวิจัยในประเทศ

ไตรรงค์ เจนการ (2530, หน้า.83-89) ได้ศึกษาคุณภาพของแบบทดสอบ เอ็ม อี คิว
 วัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษา
 คุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 3 แบบ คือ แบบทดสอบ
 ที่เขียนคำถามในลักษณะแบบทดสอบเอ็ม อี คิว แบบเลือกตอบและแบบผสม ในด้าน
 ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเที่ยงและความตรง 2) เปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบ
 ทั้ง 3 แบบในด้านความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเที่ยงและความตรง กลุ่มตัวอย่าง คือ
 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2529 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการ
 การประถมศึกษาแห่งชาติ ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น จำนวน 1,110 คน
 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบทดสอบ เอ็ม อี คิว แบบเลือกตอบและแบบผสม 4 ฉบับ
 ผลการวิจัยพบว่า 1) ค่าความยากของแบบทดสอบ เอ็ม อี คิว - เลือกตอบ, แบบเลือกตอบ - เอ็ม อี คิว
 และแบบเลือกตอบ มีค่าความยากมาตรฐานเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
 2) ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบทั้ง 4 ฉบับ มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมี
 นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ และแบบเอ็ม อี คิว -
 เลือกตอบ มีค่าความเที่ยงต่ำกว่าแบบทดสอบแบบ เอ็ม อี คิว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
 4) ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบทั้ง 4 ฉบับ ไม่แตกต่างกัน

สุไรยา หมัดหมัน (2549, หน้า 118-119) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัย
 ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถ
 ในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 2) สร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) และสร้างคู่มือ

การใช้แบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนเอกชนสอนศาสนาอิสลาม สังกัดสำนักบริหารคณะกรรมการการศึกษาเอกชน เขตพื้นที่การศึกษาศูล โดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน จำนวน 305 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบทดสอบอัตนัย ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของจอห์น ดิวอี้ จำนวน 30 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่ายและอำนาจจำแนกรายข้อ และได้คัดเลือกข้อที่มีคุณภาพตามเกณฑ์เพื่อใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบได้ 6 สถานการณ์ จำนวน 30 ข้อ 2) เกณฑ์ปกติ (Norms) ของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนดิบอยู่ระหว่าง 11 ถึง 88 และมีคะแนนที่ปกติตั้งแต่ T_{11} ถึง T_{83}

ฐิติมา ฐิติรุ่งเรือง (2544, หน้า 74-76) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาแนวคิดพื้นฐานและหลักการพยาบาล การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาแนวคิดพื้นฐานและหลักการพยาบาล 2) สร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) และสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาพยาบาลศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาแนวคิดพื้นฐานและหลักการพยาบาล โดยวิธีสุ่มแบบแบ่งชั้น จำนวน 548 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาแนวคิดพื้นฐานและหลักการพยาบาล จำนวน 24 ข้อ 6 สถานการณ์ ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาแนวคิดพื้นฐานและหลักการพยาบาลมีความตรงเชิงเนื้อหาตั้งแต่ 0.60 - 1.00 มีความยากง่ายและอำนาจจำแนกรายข้ออยู่ระหว่าง 0.35 - 0.67 และ 0.20 - 0.42 ตามลำดับ มีความเที่ยงเท่ากับ 0.61 มีความตรงเชิงสภาพเท่ากับ 0.60 ซึ่งมีความตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) เกณฑ์ปกติ (Norms) ของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาแนวคิดพื้นฐานและหลักการพยาบาล มีคะแนนดิบอยู่ระหว่าง 20 ถึง 58 และมีคะแนนที่ปกติตั้งแต่ T_{14} ถึง T_{60}

สุพัฒตา ภูสอด้สี (2553, หน้า 102-103) ได้ศึกษาการสร้างแบบทดสอบเอ็ม อีคิว วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาคุณภาพแบบทดสอบเอ็ม อี คิว วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาอุดรธานี เขต 4 จำนวน 370 คน จากโรงเรียน 3 โรงเรียน ซึ่งได้มาโดยวิธีสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบเอ็ม อี คิว วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ชนิดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งเป็นแบบทดสอบเกี่ยวกับความสามารถ ในการแก้โจทย์ปัญหา จำนวน 8 ฉบับ ฉบับละ 5 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพของแบบทดสอบเอ็มอีคิวมีค่าความยากง่ายรายข้อที่เข้าเกณฑ์มีค่าตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.85 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.06 ถึง 0.38 2) มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.72 แสดงว่าแบบทดสอบมีค่าความเที่ยงสูงและ ความตรงตามสภาพเท่ากับ 0.79 แสดงว่าคะแนนที่ได้จากการทดสอบด้วยแบบทดสอบเอ็ม อี คิว มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 อยู่ในระดับมาก

ภัทรพล แก้วเสนา (2559, หน้า 63) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ใน การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยการสอนโดยใช้แบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์ (MEQ) ในเรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการพัฒนา การคิดวิเคราะห์ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ที่สอนโดยใช้แบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 34 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนวัดทรงธรรม สมุทรปราการ ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จาก 3 ห้องเรียน ที่ลดความสามารถและใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม (Sampling Unit) เครื่องมือที่ใช้ใน การวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ จำนวน 9 แผน เวลา 9 คาบ คาบละ 50 นาที 2) แบบฝึกหัดตามแนวแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์ (MEQ) เรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ 3) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในการ

แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนตามแนวแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์พัฒนาการคิดวิเคราะห์ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยคะแนนสอบหลังเรียนได้ร้อยละ 73.05 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ของนักเรียนที่เรียนตามแนวแบบทดสอบอัตโนมัติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.1.2 งานวิจัยต่างประเทศ

สตราฟฟอร์ด และปีแอร์-เฟนนี (Stratford and Pierce-Fenn, 1985, หน้า 1075-1078) ได้ศึกษาเรื่องค่าความเที่ยงและค่าความตรงของแบบทดสอบเอ็มอีคิว โดยใช้ข้อสอบจำนวน 18 ข้อ ไปทดสอบความรู้ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ หลังจากทดลองใช้แล้วนำแบบทดสอบไปสอบกับนักศึกษากายภาพบำบัดของศูนย์การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัย โมห์ฮอก (Department of Physiotherapy, Mohawk College) ประเทศแคนาดา จำนวน 25 คน หาค่าความเที่ยงโดยใช้สัมประสิทธิ์ของอัลฟามีค่า 0.39 ค่าความตรงของแบบทดสอบหาได้ โดยนำคะแนนของแบบทดสอบเอ็มอีคิวไปหาค่าสหสัมพันธ์กับแบบทดสอบเลือกตอบมีค่า 0.28

ซันเดอร์ส และคนอื่น ๆ (Saunders and others, 1987, หน้า 385-388) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอบของนักศึกษาแพทย์ชั้นปีสุดท้ายของวิทยาลัยแพทยศาสตร์ ประเทศออสเตรเลีย 3 สถาบัน คือ มหาวิทยาลัยซิดนีย์ มหาวิทยาลัยเวสเทอร์น และมหาวิทยาลัยนิวคาสเซิลของปี พ.ศ. 2527 และ พ.ศ. 2529 จำนวน 888 คน โดยให้นักศึกษาทำการสอบด้วยแบบทดสอบ 3 รูปแบบ คือ แบบเลือกตอบแบบเอ็ม อี คิว และแบบทดสอบที่เกี่ยวกับการจัดการกับปัญหาของผู้ป่วย ผลการศึกษาพบว่า การทำข้อสอบเอ็ม อี คิว ในปี พ.ศ. 2527 ของมหาวิทยาลัยนิวคาสเซิล นักศึกษาทำข้อสอบได้คะแนนสูงในวิชาพฤกษศาสตร์ และได้คะแนนน้อยในวิชาพยาธิวิทยาศาสตร์ เมื่อเทียบกับนักศึกษาของมหาวิทยาลัยซิดนีย์ และในปี พ.ศ. 2528 นักศึกษามหาวิทยาลัยซิดนีย์ทำข้อสอบเกี่ยวกับการจัดการปัญหาของผู้ป่วยในส่วนของกรณีวินิจฉัยแยกโรคได้คะแนนน้อยกว่านักศึกษามหาวิทยาลัยนิวคาสเซิล ผลการสอบครั้งที่ 1 ในปี พ.ศ. 2528 นักศึกษามหาวิทยาลัยเวสเทอร์น ทำข้อสอบเกี่ยวกับการจัดการกับปัญหาของผู้ป่วยได้ดีที่สุดใน 3 มหาวิทยาลัยและทำข้อสอบแบบเลือกตอบได้คะแนนใกล้เคียงกับนักศึกษามหาวิทยาลัยซิดนีย์

และมหาวิทยาลัยนิวคาสเซิล ซึ่งผลการสอบของนักศึกษาทั้ง 3 มหาวิทยาลัยมีความแตกต่างระหว่างมหาวิทยาลัยน้อยกว่า 10% ที่แตกต่างกัน เนื่องจากชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการสอบ ดังนั้นจึงสรุปความเห็นได้ว่า นักศึกษาแพทย์ระดับปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยซิดนีย์ มหาวิทยาลัยเวสเทอร์น และมหาวิทยาลัยนิวคาสเซิล มีความรู้ระดับที่ใกล้เคียงกันในเรื่องทางการแพทย์ ความแตกต่างที่พบได้คือความสามารถในการแก้ปัญหาขึ้นอยู่กับความสนใจในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และการจัดประสบการณ์การฝึกปฏิบัติทางคลินิกบางส่วน

ราบิโนวิท และโฮจาท (Rabinowite And hojat, 1989, หน้า 364 367) ได้ร่วมกันศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์และแบบทดสอบเลือกตอบ จากผลการสอบปลายภาคของนักศึกษาแพทย์ชั้นปีที่ 3 และผลการสอบของแพทย์ประจำบ้านปีที่ 3 ที่สอบด้วยแบบทดสอบเลือกตอบจำนวน 1,174 คน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 ถึง พ.ศ. 2525 (ค.ศ. 1976 ถึง ค.ศ. 1975) โดยนำคะแนนที่ได้จากการสอบปลายภาคไปหาความสัมพันธ์กับคะแนนที่ได้จากการสอบ เพื่อขึ้นทะเบียนประกอบโรคศิลปะของแพทยสภาแห่งชาติ ผลการศึกษาพบว่า คะแนนที่ได้จากการสอบของแพทย์ประจำบ้านมีค่าสหสัมพันธ์ต่ำกว่าคะแนนที่ได้จากการสอบของแพทยสภาทั้ง 3 ตอน ทั้งนี้เนื่องมาจากความแตกต่างของรูปแบบข้อสอบ คือ ข้อสอบแบบอัตนัยประยุกต์ และแบบเลือกตอบ แต่ผลการสอบของแพทย์ประจำบ้านด้วยข้อสอบอัตนัยประยุกต์มีค่าสหสัมพันธ์กับ ความสามารถในการแก้ไขปัญหาวงการแพทย์ จากผลการศึกษายืนยันได้ว่าการสอบด้วยแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์สามารถทำนายผลการปฏิบัติงานของแพทย์ ภายหลังจากสำเร็จการศึกษาได้อย่างดี รวมทั้งวัดเจตคติต่อวิชาชีพได้ด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบทดสอบที่เหมาะสมในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหามากที่สุด เพราะมีค่าอำนาจจำแนกค่าความเที่ยงมากกว่าแบบทดสอบเลือกตอบหรือชนิดอื่น ๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อนำไปใช้ในการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และหาคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ในด้านความตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในและความตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบ

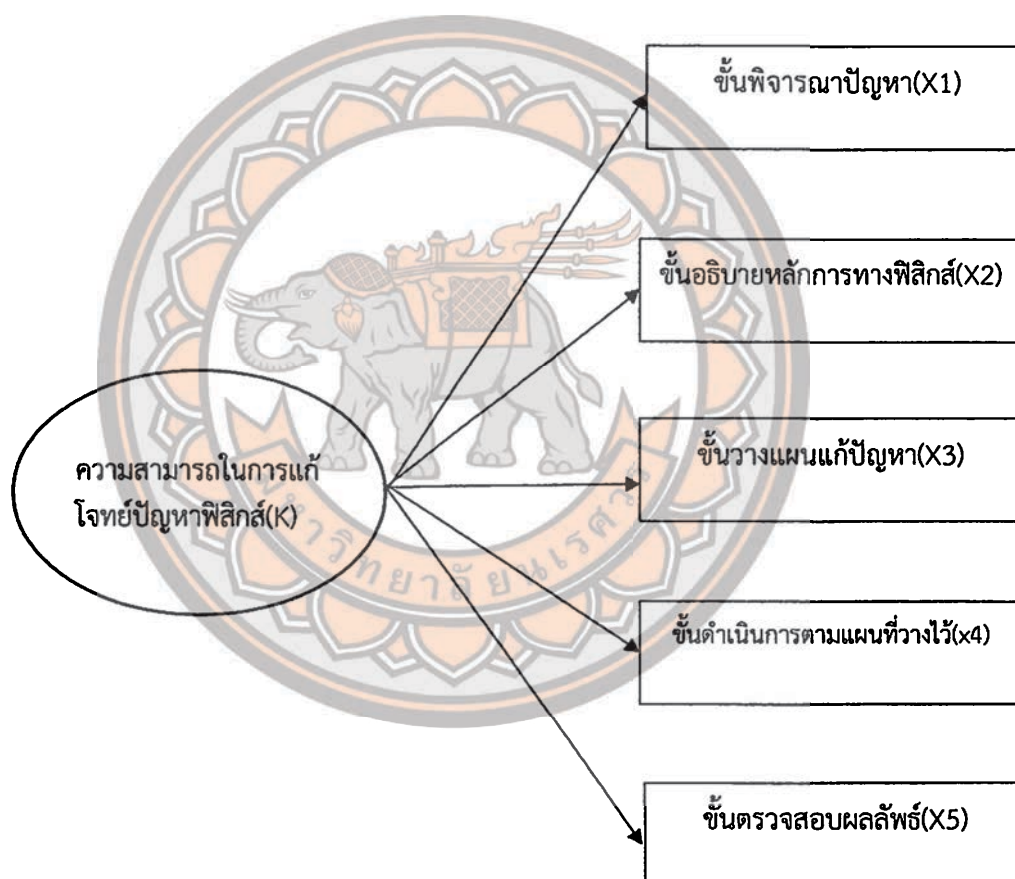
กรอบแนวคิดการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยมีการหาคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ คือ

- ความตรงเชิงเนื้อหา
- ความยากง่าย
- อำนาจจำแนก
- ความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน
- ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน
- ความตรงเชิงโครงสร้าง



โมเดลการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะ
ของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์



ภาพประกอบ 1 การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิด
แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้าและเสนอรายละเอียดตามลำดับหัวข้อ
ดังนี้

1. ประชากร
2. กลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์ เขต 42 จำนวน 58 โรงเรียน จำนวน 6,050 คน

กลุ่มตัวอย่างใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ที่โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์ เขต 42 ที่ได้มาจากประชากร โดยการสุ่มหลายขั้นตอน จำนวน 250 คน

วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้ ใช้วิธีการสุ่มหลายขั้นตอน ซึ่งมีขั้นตอนการสุ่มดังนี้

1. สุ่มแบบแบ่งกลุ่ม จากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์เขต 42 โดยใช้จังหวัด เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มและสุ่มอย่างง่ายออกมา 1 จังหวัด ได้จังหวัดนครสวรรค์
2. สุ่มกลุ่มทดลองครั้งที่ 1 ด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายโรงเรียนในจังหวัดนครสวรรค์ออกมา 1 โรงเรียน ได้โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ

3. สุ่มกลุ่มทดลองครั้งที่ 2 ด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายโรงเรียนในจังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้ขนาดโรงเรียนเป็นเกณฑ์ในการสุ่มและสุ่มอย่างง่ายมาขนาดละ 1 โรงเรียน ได้โรงเรียนสตรีนครสวรรค์ โรงเรียนนวมินทราชูทิศ มัชฌิม โรงเรียนเก้าเลี้ยววิทยาและโรงเรียนทับกฤชพัฒนา

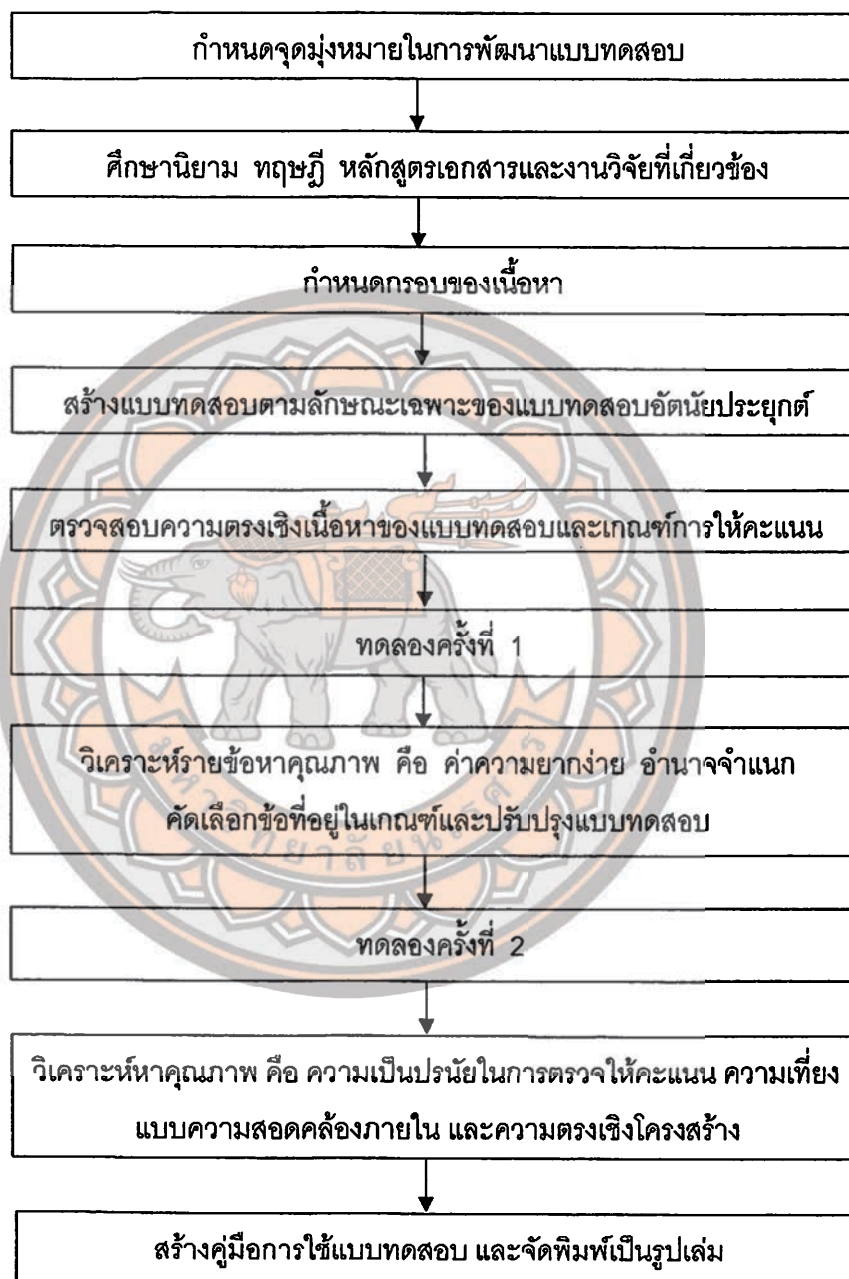
4. สุ่มห้องเรียนที่จะนำมาทำแบบทดสอบอัตรันัยประยุกต์ โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ได้โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 2 ห้องเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่ 2 ห้องเรียน โรงเรียนขนาดกลาง 1 ห้องเรียน และโรงเรียนขนาดเล็ก 1 ห้องเรียน ดังแสดงรายละเอียดตามตาราง 4 ตาราง 4 แสดงรายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

ลำดับที่	ขนาดของโรงเรียน	ชื่อโรงเรียนที่สุ่มได้	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (คน)	
			ทดลองครั้งที่ 1	ทดลองครั้งที่ 2
1.	ขนาดใหญ่พิเศษ	โรงเรียนสตรีนครสวรรค์	-	62
2.	ขนาดใหญ่	โรงเรียนนวมินทราชูทิศ มัชฌิม	-	66
		โรงเรียนชุมแสงชูทิศ	100	-
3.	ขนาดกลาง	โรงเรียนเก้าเลี้ยววิทยา	-	12
4.	ขนาดเล็ก	โรงเรียนทับกฤชพัฒนา	-	10
รวม			100	150

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาพีลิกส์ มี 4 เหตุการณ์ ๆ ละ 5 ข้อ รวมจำนวน 20 ข้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

การสร้างเครื่องมือในการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ตามขั้นตอนดังนี้



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

จากภาพประกอบ 2 แสดงลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีรายละเอียดในการสร้างแบบทดสอบดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์สำหรับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ชุดนี้ สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และเพื่อฝึกให้นักเรียนรู้จักคิดตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นพิจารณาปัญหา
2. ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์
3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา
4. ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้
5. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

2. ศึกษาเอกสารทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ พร้อมทั้งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์ขอบเขตเนื้อหาที่จะกำหนดสถานการณ์ ศึกษานิยามของการแก้โจทย์ปัญหาและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

3. วิเคราะห์เนื้อหาและจุดมุ่งหมายของหลักสูตร เพื่อกำหนดกรอบของเนื้อหา

3.1 วิเคราะห์เนื้อหาโดยพิจารณาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีเนื้อหาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ดังนี้

3.1.1 แสงเชิงกายภาพ

3.1.2 ไฟฟ้าสถิต

3.1.3 ไฟฟ้ากระแส

ผู้วิจัยเลือกเนื้อหา เรื่องไฟฟ้าสถิต ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และเนื้อหา
หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ที่สอดคล้องกับการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิด
การแก้ปัญหาลำดับขั้นของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ดังนี้



ตาราง 5 ผลการเรียนรู้และเนื้อหาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สอดคล้องกับการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดการแก้ปัญหา
เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

สาระ	ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
ไฟฟ้าสถิต	อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์	<p>- จุดประจุไฟฟ้ามีแรงกระทำซึ่งกันและกัน โดยมีทิศอยู่ในแนวเส้นตรงระหว่างจุดประจุทั้งสองและมีขนาดของแรงระหว่างจุดประจุแปรผันตรงกับผลคูณของขนาดของประจุทั้งสองและแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดประจุ ซึ่งเป็นไปตามกฎของคูลอมบ์</p> <p>เขียนแทนได้ด้วยสมการ</p> $F_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$ <p>เมื่อ $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$</p>	1. นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์ได้
	อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าลัทธิ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์	<p>- รอบอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า q_1 มีสนามไฟฟ้าขนาด $E = k \frac{q_1}{r^2}$ ทำให้เกิดแรงไฟฟ้ากระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า</p>	1. นักเรียนสามารถคำนวณหาสนามไฟฟ้าลัทธิ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์ได้

ตาราง 5 (ต่อ) ผลการเรียนรู้และเนื้อหาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สอดคล้องกับการแก้ไข้ปัญหาตามแนวคิด
การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

สาระ	ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
ไฟฟ้าสถิต		<ul style="list-style-type: none"> - สนามไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ มีความสัมพันธ์กับแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุไฟฟ้า q_2 ตามสมการ $\vec{E} = \frac{\vec{F}_{12}}{q_2}$ - สนามไฟฟ้าลัพท์เนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุเท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ - ตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้ามีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ และสนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวตัวนำนั้น โดยสนามไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลมที่ตำแหน่งห่างจากผิวออกไปหาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้า 	

ตาราง 5 (ต่อ) ผลการเรียนรู้และเนื้อหาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สอดคล้องกับการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิด
การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

สาระ	ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
		เนื่องจากจุดประจุที่มีจำนวนประจุเท่ากันแต่อยู่ที่ศูนย์กลาง ของทรงกลม	
ไฟฟ้าสถิต	อธิบายและคำนวณศักย์ไฟฟ้าและ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	- สนามไฟฟ้าของแผ่นโลหะคู่ขนานเป็นสนามไฟฟ้า สม่ำเสมอ ประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้ามีพลังงานศักย์ไฟฟ้า คำนวณได้จากสมการ $U = k \frac{q_1 q_2}{r}$ - พลังงานศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งใด ๆ ต่อหนึ่งหน่วยประจุ เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งนั้น โดยศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง ซึ่งอยู่ห่างจากจุดประจุแปรผันตรงกับขนาดของประจุและ แปรผกผันกับระยะทางจากจุดประจุถึงตำแหน่งนั้น	1. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับศักย์ไฟฟ้าได้

ตาราง 5 (ต่อ) ผลการเรียนรู้และเนื้อหาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สอดคล้องกับการแก้ไข้ปัญหาตามแนวคิด
การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเซลล์เลอร์และเซลล์เลอร์

สาระ	ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
		<p>เขียนแทนได้ด้วยสมการ</p> $V = k \frac{Q}{r}$ <p>- ศักย์ไฟฟ้ารวมเนื่องจากจุดประจุหลายจุดประจุ คือ ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุแต่ละจุดประจุ</p> <p>เขียนแทนได้ด้วยสมการ</p> $V = k \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}$ <p>- ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า คือ งานในการเคลื่อนประจุบวกหนึ่งหน่วย จากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง เขียนแทนได้ด้วยสมการ</p> $V_B - V_A = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$	

ตาราง 5 (ต่อ) ผลการเรียนรู้และเนื้อหาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สอดคล้องกับการแก้ไขภัยปัญหาตามแนวคิด
การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

สาระ	ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
		<p>- ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ในสนามไฟฟ้า สม่ำเสมอขึ้นกับขนาดของสนามไฟฟ้าและระยะทางระหว่าง สองตำแหน่งนั้นในแนวขนานกับสนามไฟฟ้า ตามสมการ</p> $V_b - V_a = Ed$	
ไฟฟ้าสถิต	อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง	<p>- ตัวเก็บประจุประกอบด้วยตัวนำไฟฟ้าสองชิ้นที่คั่นด้วยฉนวน โดยปริมาณประจุที่เก็บได้ขึ้นอยู่กับความต่างศักย์คร่อมตัวเก็บประจุและความจุของตัวเก็บประจุ ตามสมการ</p> $C = \frac{Q}{\Delta V}$	1. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความจุไฟฟ้าได้

ตาราง 5 (ต่อ) ผลการเรียนรู้และเนื้อหาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สอดคล้องกับการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิด
การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

สาระ	ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
ไฟฟ้าสถิต		<p>- ตัวเก็บประจุจะมีพลังงานสะสมซึ่งมีค่าขึ้นกับความต่างศักย์และปริมาณประจุตามสมการ</p> $U = \frac{1}{2} Q\Delta V$ <p>- เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบอนุกรม ความจุสมมูลมีค่าลดลงตามสมการ</p> $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$ <p>- เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบขนาน ความจุสมมูลมีค่าเพิ่มขึ้นตามสมการ</p> $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$	

สำหรับกรอบของข้อคำถามจะกำหนดกรอบตามนิยามของขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การเริ่มต้นในการแก้โจทย์ปัญหา โดยทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา เขียนอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบ ๆ เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบรวมถึงเขียนแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์สำหรับนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการเขียนแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ของตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าให้สมบูรณ์โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนที่ต้องนำความสัมพันธ์จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ไปสร้างเป็นสมการให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการนำมาหาคำตอบ โดยทุกสมการที่นำมาใช้จะต้องมีการตรวจสอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและวางแผนเลือกสมการที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่า นั้น เมื่อเชื่อมโยงสมการทั้งหมดได้แล้วก็กำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ และแก้สมการเพื่อหาคำของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลและถูกต้องตามที่โจทย์ถามหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตามสิ่งที่โจทย์ถาม

4. เขียนแบบทดสอบตามลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ ซึ่งมีสถานการณ์และข้อคำถาม โดยสร้างสถานการณ์จากกรอบเนื้อหาที่กำหนด ข้อคำถามสร้างตามลำดับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 5 ขั้น โดยเมื่อผู้สอบอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้พร้อมคำถามแล้ว ผู้สอบสามารถตอบคำถามนั้นได้ แบบทดสอบฉบับนี้ประกอบด้วยกรณีปัญหาที่เป็นสถานการณ์ต่อเนื่อง ซึ่งผู้สอบจะต้องวิเคราะห์หาคำตอบและเขียนตอบลงในพื้นที่ที่กำหนดให้ โดยจะเพิ่มข้อมูลจากสถานการณ์เดิม

แล้วตามด้วยคำถามเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ และข้อสอบแต่ละเหตุการณ์มีความเป็นอิสระต่อกัน สำหรับการสร้างสถานการณ์ขั้นต้น ประกอบด้วย 8 เหตุการณ์ ๆ ละ 5 ข้อ รวมจำนวนทั้งหมด 40 ข้อ คือ

- จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อที่ 1 เรื่อง กฎของคูลอมบ์ จำนวน 2 สถานการณ์
- จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อที่ 2 เรื่อง สนามไฟฟ้า จำนวน 2 สถานการณ์
- จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า จำนวน 2 สถานการณ์
- จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อที่ 4 เรื่อง ความจุไฟฟ้า จำนวน 2 สถานการณ์

ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้าง ดังนี้

4.1 การกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

การกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ กำหนดตามรูปแบบของ รัชกร สุวรรณจรัส. (2540, หน้า 44) โดยแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คือ ส่วนด้านบนของกระดาษซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่องย่อย ช่องซ้ายสุด คือ เวลาที่ใช้ในการทำข้อคำถามนี้ และเวลาสะสม ช่องกลาง คือ เลขที่ของเหตุการณ์ในแบบทดสอบและเลขที่ของข้อคำถามในเหตุการณ์นั้น ช่องขวามือสุด คือ ส่วนที่นักเรียนกรอกชื่อนามสกุล และชื่อโรงเรียน

ส่วนที่ 2 คือ ส่วนที่ใช้แสดงสถานการณ์

ส่วนที่ 3 คือ ข้อคำถามและเว้นที่สำหรับตอบคำถาม

ส่วนที่ 4 คือ ส่วนที่แสดงค่าเตือนในการทำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างรูปแบบของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

เวลาในการทำข้อนี้...นาที	เหตุการณ์ที่...	ชื่อ-สกุล.....
เวลาสะสม...นาที	ข้อคำถามที่...	โรงเรียน.....
สถานการณ์		
ข้อคำถามข้อที่....		
คำถาม :.....		
คำตอบ		
.....		
.....		
ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก		

4.2 การกำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ที่สร้างขึ้นไปขอความอนุเคราะห์จากครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน ให้ทดลองทำแบบทดสอบพร้อมบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ จากนั้นผู้วิจัยนำเวลาที่ครูใช้ในการทำแบบทดสอบมาคำนวณหาเวลาที่เหมาะสมโดยปรับเวลาในการสอบให้นักเรียนเพิ่มอีก 30 % ตามแนวคิดของเฟลิตติและสมิท (Feletti and Smith, 1980, หน้า 130)

4.3 เกณฑ์การให้คะแนน

สำหรับแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ที่สร้างขึ้นมีทั้งหมด 8 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยกำหนดให้แต่ละขั้นตอนมีคะแนนเต็ม 1 คะแนน รวมคะแนนเต็มแต่ละเหตุการณ์ทั้งสิ้น 5 คะแนน ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละขั้นตอน ดังนี้ ผู้วิจัยแบ่งคะแนนออกเป็น 2 ระดับ คือ 0 และ 1 สำหรับ 0 คะแนน คือ ผู้ตอบตอบคำถามไม่ถูกต้องตามแนวคำตอบหรือไม่มีการตอบคำถาม และ 1 คะแนน คือ ผู้ตอบตอบคำถามได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ โดยใน

แต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จะประกอบด้วยคำถาม 2–3 ข้อย่อย ซึ่งเกณฑ์ในการให้คะแนนกรณีที่มี 3 ข้อย่อยจะต้องผ่าน 2 ใน 3 ของข้อย่อยทั้งหมด จึงจะถือว่าผ่านและได้คะแนน 1 คะแนน ส่วนกรณีที่มี 2 ข้อย่อยจะต้องผ่านทั้ง 2 ข้อย่อยจึงจะถือว่าผ่านและได้คะแนน 1 คะแนน แต่ถ้าผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจะได้ 0 คะแนน

5. นำแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบด้านภาษาและรูปแบบของแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์ ปรับแก้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นนำแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์เสนอผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลประเมินผล 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ 3 ท่านและศึกษานิเทศก์ 1 ท่าน รวม 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาและลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีรายละเอียดในการประเมินความสอดคล้อง ดังนี้

ตัวอย่าง แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามกับเนื้อหาและลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องระหว่างคำถามกับลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์แต่ละข้อ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องประเมิน

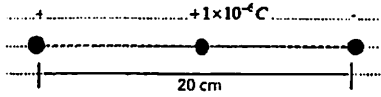
คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อนั้นวัดได้ตรงตามเนื้อหาและตรงตามลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อนั้นวัดได้ตรงตามเนื้อหาและตรงตามลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อนั้นวัดได้ตรงตามเนื้อหาและตรงตามลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เหตุการณ์ที่ 1

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ความสามารถ ที่ต้องการวัด	สถานการณ์และคำถาม	ผลการพิจารณา		
			สอดคล้อง	ไม่ แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
สามารถ คำนวณหา แรงไฟฟ้าตาม กฎของ คูลอมบ์ได้	ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณา ปัญหาทำความเข้าใจ โจทย์และ เขียนอธิบาย ด้วยแผนภาพ	เมื่อนำลูกพิท 2 ลูกที่มีประจุไฟฟ้า เหมือนกันวางใกล้กันในตัวกลาง ใด ๆ จะเกิดแรงผลักต่อกัน แต่ถ้า ประจุทั้งสองต่างกันจะเกิดแรง ดึงดูดต่อกัน โดยแรงระหว่าง ประจุทั้งสองจะมีขนาดเท่ากันแต่ ทิศทางตรงข้าม ดังนั้นถ้านำ ลูกพิทที่มีประจุบวกและประจุลบ วางห่างกัน 20 เซนติเมตร โดยให้ ประจุบอยู่ทางขวาของประจุ ลบและนำประจุทดสอบขนาด $+1 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ มาวางไว้ที่จุด กึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสอง จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อ ประจุทดสอบ ข้อคำถามข้อที่ 1 คำถาม 1.1 : จากสถานการณ์ ข้างต้นนักเรียนสามารถเขียน แผนภาพและข้อมูลที่โจทย์ กำหนดได้อย่างไร			

จุดประสงค์ การเรียนรู้	ความสามารถ ที่ต้องการวัด	สถานการณ์และคำถาม	ผลการพิจารณา		
			สอดคล้อง	ไม่ แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
		<p>เฉลย</p>  <p>คำถาม 1.2 : จากสถานการณ์ข้างต้นโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด (พร้อมระบุสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์) เฉลย ขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ (F)</p> <p>คำถาม 1.3 : หลักการทางฟิสิกส์ที่นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคืออะไร</p> <p>เฉลย กฎของคูลอมบ์</p> <p>ข้อเสนอแนะ</p> <p>.....</p> <p>.....</p>			

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

จากนั้นนำผลคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 เพราะถือว่าแบบทดสอบข้อนั้นวัดตรงตามเนื้อหาและตรงตามลำดับขั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

6. นำแบบทดสอบที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาแล้วไปทดลองครั้งที่ 1 กับนักเรียนโรงเรียนชุมแสงชนูทิศ จำนวน 100 คน

7. นำผลจากการทดลองครั้งที่ 1 มาวิเคราะห์หาคุณภาพในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

7.1 วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอส์

7.2 วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอส์

การพิจารณาข้อสอบที่มีคุณภาพโดยพิจารณาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก คัดเลือกเฉพาะค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดย คัดเลือกไว้ 4 เหตุการณ์ ๆ ละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบ 20 ข้อ ซึ่งยังครอบคลุมจุดประสงค์ การเรียนรู้ทั้ง 4 ข้อ

8. นำแบบทดสอบที่คัดเลือกจากการทดลองครั้งที่ 1 ไปทดลองใช้ในครั้งที่ 2 กับ นักเรียนโรงเรียนสตรีนครสวรรค์ โรงเรียนนวมินทราชูทิศ มัชฌิม โรงเรียนแก้วเสียววิทยา และ โรงเรียนทับกฤชพัฒนา จำนวน 150 คน

9. สุ่มแบบทดสอบจำนวน 30 คนตอบจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 คน ไปตรวจให้ คะแนนตามแนวคำตอบ โดยผู้วิจัยได้คัดเลือกผู้ตรวจแบบทดสอบ 2 ท่าน คือ ตัวผู้วิจัยและ ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน เพื่อนำคะแนนสอบที่ผู้ตรวจ ๆ ได้ไปตรวจสอบความเป็นปรนัยในการ ตรวจให้คะแนน โดยมีแบบฟอร์มการลงคะแนนให้ผู้ตรวจแต่ละท่านบันทึกคะแนนและแต่ละท่าน ไม่มีโอกาสทราบว่าผู้ตรวจอีกท่านให้คะแนนเท่าใด หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการตรวจ แบบทดสอบของผู้วิจัยและผู้ตรวจอีกท่านมาตรวจสอบความเป็นปรนัยของการตรวจให้คะแนน โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนจากผู้ตรวจทั้ง 2 ท่าน

10. นำผลจากการทดลองที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 120 คน มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยการ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

11. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบและจัดทำรูปเล่ม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลจากบัณฑิตศึกษาจากมหาวิทยาลัยนเรศวร ถึงผู้บริหารโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง
2. ติดต่อประสานงานและขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อกำหนด วัน เวลา และสถานที่ในการสอบ
3. จัดเตรียมอุปกรณ์ในการสอบ เช่น แบบทดสอบ กระดาษทด ให้เพียงพอ
4. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีวิธีดำเนินการสอบดังนี้
 - 4.1 ก่อนที่ผู้สอบจะเข้าห้องสอบ กรรมการคุมสอบจะนำแบบทดสอบวางไว้บนโต๊ะสอบทุกตัว
 - 4.2 ผู้สอบเข้านั่งประจำโต๊ะสอบของตนเอง
 - 4.3 ผู้สอบอ่านคำอธิบายวิธีการสอบที่อยู่ด้านหน้าของข้อสอบ โดยให้เวลาในการอ่าน 5 นาที จากนั้นเปิดโอกาสให้ผู้สอบซักถามข้อสงสัย
 - 4.4 เมื่อกรรมการคุมสอบสั่ง "ลงมือทำได้" จึงสามารถทำข้อสอบได้ โดยกรรมการคุมสอบจะเป็นคนบอกเวลาเมื่อหมดเวลาในแต่ละข้อ และให้ผู้สอบหยุดทำในข้อนั้นทันที จากนั้นให้ผู้สอบพลิกข้อสอบไปในข้อถัดไปและรอฟังสัญญาณจากกรรมการคุมสอบ
 - 4.5 เริ่มทำตั้งแต่เหตุการณ์ที่ 1 หน้า 1 เมื่อทำเสร็จแล้วให้ตรวจสอบให้แน่ใจในคำตอบ เพราะท่านไม่มีโอกาสย้อนกลับไปทำอีก และท่านต้องจำข้อมูลที่สำคัญในโจทย์ที่ให้ เพราะท่านอาจจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้อีก

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีสูตรดังนี้

1.1 การหาเฉลี่ย (\bar{X})

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

n แทน จำนวนคนทั้งหมด

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

N แทน จำนวนคนทั้งหมด

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

2. ค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

2.1 ความตรงตามเนื้อหา (Content Validity)

ความตรงตามเนื้อหา สามารถหาได้จากค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) โดยสูตรของ Rovinelli and Hambleton ดังนี้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539, หน้า 249)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง -1 ถึง +1

$$\frac{\sum R}{N} \text{ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ}$$

$$N \text{ แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ}$$

ดังนั้น การพิจารณาค่า IOC นี้ จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงถือว่าวัดได้สอดคล้องกัน

2.2 ความยากง่าย (Difficulty)

เมื่อเป็นแบบทดสอบอัตนัย สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (โกวิท ประวาลพุกษ์, 2527, หน้า 277)

$$\text{ค่าความยากง่าย} = \frac{S_H + S_L - (n_T)(X_{\min})}{n_T(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ S_H แทน ผลรวมของคะแนนในแต่ละข้อกับจำนวนของผู้ตอบ
ที่ได้คะแนนนั้น ๆ ของคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนในแต่ละข้อกับจำนวนของผู้ตอบ
ที่ได้คะแนนนั้น ๆ ของคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{\max} แทน คะแนนสูงสุดที่ผู้ตอบทำได้

X_{\min} แทน คะแนนต่ำสุดที่ผู้ตอบทำได้

n_T แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

2.3 อำนาจจำแนก (Discrimination)

เมื่อเป็นแบบทดสอบอัตนัย สามารถคำนวณได้ดังนี้ (โกวิท ประวาลพุกษ์, 2527, หน้า 264)

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{S_H - S_L}{n_H(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ S_H แทน ผลรวมของคะแนนในแต่ละข้อกับจำนวนของผู้ตอบ
ที่ได้คะแนนนั้น ๆ ของคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนในแต่ละข้อกับจำนวนของผู้ตอบที่
ได้คะแนนนั้น ๆ ของคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{\max} แทน คะแนนสูงสุดที่ผู้ตอบทำได้

X_{\min} แทน คะแนนต่ำสุดที่ผู้ตอบทำได้

n_H แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

2.4 ความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน (Objectivity)

คำนวณจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย โดยใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ดังนี้
(ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539, หน้า 178)

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

n แทน จำนวนผู้สอบ

X แทน คะแนนของผู้ตรวจคนที่ 1

Y แทน คะแนนของผู้ตรวจคนที่ 2

2.5 ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency)

คำนวณจากสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ดังนี้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ,
2539, หน้า 218)

$$\alpha = \left[\frac{n}{n-1} \right] \left[1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right]$$

เมื่อ α	แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบ
n	แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ
σ_i^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อสอบแต่ละข้อ
σ_e^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนของผู้สอบทั้งหมด

2.6 วิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างของการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาพีลิกส์
ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ
เชิงยืนยันด้วยโปรแกรม M-plus



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

1. สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์แทนค่าสถิติ

\bar{X} แทน คะแนนเฉลี่ย

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

α แทน สัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

S.E._{mean} แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด

χ^2 แทน ค่าสถิติไค-สแควร์

df แทน องศาอิสระ

*

แทน การมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**

แทน การมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

RMSEA แทน ค่าประมาณความคลาดเคลื่อนของรากกำลังสองเฉลี่ย

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

สัญลักษณ์แทนตัวแปร

K	แทน ความสามารถในการแก้ไข้ปัญหาฟิสิกส์
X1	แทน ชั้นพิจารณาปัญหา
X2	แทน ชั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์
X3	แทน ชั้นวางแผนแก้ปัญหา
X4	แทน ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้
X5	แทน ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและรายละเอียดอื่น ๆ ตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ไข้ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ไข้ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 - 2.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถามกับเนื้อหาและลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
 - 2.2 ผลการตรวจสอบความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
 - 2.3 ผลการตรวจสอบความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
 - 2.4 ผลการตรวจสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์
 - 2.5 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของการวัดความสามารถในการแก้ไข้ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

3. คู่มือการใช้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.1 รูปแบบของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 8 เหตุการณ์ เหตุการณ์ละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบ 40 ข้อแต่ละข้อจะแยกไว้เป็นหน้า ๆ โดยแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 คือ ส่วนด้านบนของกระดาษซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่องย่อย ช่องซ้ายสุด คือ เวลาที่ใช้ในการทำข้อคำถามนี้ และเวลาสะสม ช่องกลาง คือ เลขที่ของเหตุการณ์ในแบบทดสอบ และเลขที่ของข้อคำถามในเหตุการณ์นั้น ช่องขวาสุด คือ ส่วนที่นักเรียนกรอกชื่อ นามสกุล และชื่อโรงเรียน

ส่วนที่ 2 คือ ส่วนที่ใช้แสดงสถานการณ์หรือเงื่อนไข โดยจะเพิ่มข้อมูลที่ละนิดเป็นตอน ๆ

ส่วนที่ 3 คือ ข้อคำถามและเว้นที่สำหรับตอบคำถาม โดยคำถามจะเขียนไปตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และในการตอบคำถามต้องอาศัยข้อความที่กำหนดให้ในกรอบสี่เหลี่ยมด้านบน แบบทดสอบชุดนี้สร้างขึ้นโดยเลือกใช้เนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต และวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ชั้นพิจารณาปัญหา
- 2) ชั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์
- 3) ชั้นวางแผนแก้ปัญหา
- 4) ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้
- 5) ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์

ส่วนที่ 4 คือ ส่วนที่แสดงค่าเดือนในการทำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างรูปแบบของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

เวลาในการทำข้อนี้... นาที	เหตุการณ์ที่...	ชื่อ-สกุล.....
เวลาสะสม... นาที	ข้อความที่...	โรงเรียน.....
สถานการณ์		
ข้อความข้อที่....		
คำถาม :		
คำตอบ		
.....		
.....		
.....		
.....		
ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อความนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก		

1.2 การกำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ที่สร้างขึ้นไปขอความอนุเคราะห์จากครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน ให้ทดลองทำแบบทดสอบพร้อมบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ จากนั้นผู้วิจัยนำเวลาที่ครูใช้ในการทำแบบทดสอบมาคำนวณหาเวลาที่เหมาะสม โดยปรับเวลาในการสอบให้นักเรียนเพิ่มอีก 30 % ตามแนวคิดของเฟลิตติและสมิท (Feletti and Smith, 1980, หน้า 130) รายละเอียดเสนอในตาราง 6 ตาราง 6 แสดงเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เหตุการณ์ที่	ข้อที่	เวลาที่ครูใช้โดย	เวลาที่เพิ่มขึ้น	เวลาที่นักเรียนควรใช้
		เฉลี่ย	30%	
1	ข้อที่ 1	2.0	0.60	3
	ข้อที่ 2	3.1	0.93	4
	ข้อที่ 3	2.3	0.69	3
	ข้อที่ 4.1	2.0	0.60	3
	ข้อที่ 4.2	2.2	0.66	3
	ข้อที่ 5	2.1	0.63	3
	2	ข้อที่ 1	2.5	0.75
ข้อที่ 2		3.5	1.05	4
ข้อที่ 3		2.0	0.60	3
ข้อที่ 4.1		2.1	0.63	3
ข้อที่ 4.2		2.1	0.63	3
ข้อที่ 5		1.9	0.57	3
3	ข้อที่ 1	1.0	0.30	2
	ข้อที่ 2	1.2	0.36	2

ตาราง 6 (ต่อ) แสดงเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัด
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิง
ตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เหตุการณ์ที่	ข้อที่	เวลาที่ครูใช้โดย	เวลาที่เพิ่มขึ้น	เวลาที่นักเรียน
		เฉลี่ย	30%	ควรใช้
3(ต่อ)	ข้อที่ 3	2.1	0.63	3
	ข้อที่ 4.1	1.8	0.54	3
	ข้อที่ 4.2	1.2	0.36	2
	ข้อที่ 5	1.3	0.39	2
4	ข้อที่ 1	2.2	0.66	3
	ข้อที่ 2	2.5	0.75	3
	ข้อที่ 3	1.8	0.54	3
	ข้อที่ 4.1	2.1	0.63	3
	ข้อที่ 4.2	1.8	0.54	3
	ข้อที่ 5	2.3	0.69	3
	5	ข้อที่ 1	1.7	0.51
ข้อที่ 2		2.2	0.66	3
ข้อที่ 3		2.3	0.69	3
ข้อที่ 4.1		1.6	0.48	2
ข้อที่ 4.2		2.3	0.69	3
ข้อที่ 5		1.8	0.54	3
6	ข้อที่ 1	2.2	0.66	3
	ข้อที่ 2	1.9	0.57	3
	ข้อที่ 3	2.5	0.75	3
	ข้อที่ 4.1	2.1	0.63	3
	ข้อที่ 4.2	1.8	0.54	3

ตาราง 6 (ต่อ) แสดงเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เหตุการณ์ที่	ข้อที่	เวลาที่ครูใช้โดยเฉลี่ย	เวลาที่เพิ่มขึ้น 30%	เวลาที่นักเรียนควรใช้
6(ต่อ)	ข้อที่ 5	1.9	0.57	3
7	ข้อที่ 1	2.0	0.60	3
	ข้อที่ 2	2.3	0.69	3
	ข้อที่ 3	1.9	0.57	3
	ข้อที่ 4.1	2.0	0.60	3
	ข้อที่ 4.2	1.8	0.54	3
	ข้อที่ 5	2.4	0.72	3
8	ข้อที่ 1	1.9	0.57	3
	ข้อที่ 2	2.1	0.63	3
	ข้อที่ 3	2.4	0.73	3
	ข้อที่ 4.1	2.3	0.69	3
	ข้อที่ 4.2	2.1	0.63	3
	ข้อที่ 5	1.9	0.57	3

จากตาราง 6 หลังจากปรับเวลาสอบให้นักเรียนเพิ่มขึ้น 30% แล้ว พบว่า เวลาที่นักเรียนควรใช้ในการทำแบบทดสอบแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 2-4 นาที

1.3 เกณฑ์การให้คะแนน

สำหรับแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ที่สร้างขึ้นมีทั้งหมด 8 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยกำหนดให้แต่ละขั้นตอนมีคะแนนเต็ม 1 คะแนน รวมคะแนนเต็มแต่ละเหตุการณ์ทั้งสิ้น 5 คะแนน ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละเหตุการณ์ ดังนี้ ผู้วิจัยแบ่งคะแนนออกเป็น 2 ระดับ

คือ 0 และ 1 สำหรับ 0 คะแนน คือ ผู้ตอบตอบคำถามไม่ถูกต้องตามแนวคำตอบหรือไม่มี การตอบคำถาม และ 1 คะแนน คือ ผู้ตอบตอบคำถามได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ โดยใน แต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จะประกอบด้วย 2-3 ข้อย่อย ซึ่งเกณฑ์ในการให้คะแนนกรณีที่มี 3 ข้อย่อยจะต้องผ่าน 2 ใน 3 ของข้อย่อยทั้งหมดจึงจะถือว่า ผ่านและได้คะแนน 1 คะแนน ส่วนกรณีที่มี 2 ข้อย่อยจะต้องผ่านทั้ง 2 ข้อย่อยจึงจะถือว่าผ่าน และได้คะแนน 1 คะแนน แต่ถ้าผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจะได้ 0 คะแนน

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถามกับเนื้อหาและลำดับชั้น การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ซึ่งมีทั้งหมด 8 เหตุการณ์ เหตุการณ์ละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบ 40 ข้อ ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลประเมินผล 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้าน เนื้อหาวิชาฟิสิกส์จำนวน 3 ท่านและศึกษานิเทศก์ 1 ท่าน รวม 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรง เชิงเนื้อหา ที่พิจารณาความสอดคล้องระหว่างคำถามแต่ละข้อว่าวัดตรงตามเนื้อหาและตรงตามลำดับชั้น การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมา คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 เพราะถือว่าแบบทดสอบข้อนั้นวัดตรงตามเนื้อหาและตรงตามลำดับชั้นการแก้ปัญหา เชิงตรรกะ ของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ รายละเอียดผลการวิเคราะห์เสนอในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาและลำดับชั้น
การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของแบบทดสอบอัตโนมัติ
ประยุกต์

เหตุการณ์ที่	ข้อที่	คะแนน	สรุปผล	ข้อเสนอแนะ
		IOC		
1	ข้อที่ 1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 2	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 3	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 4.1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 4.2	1	สอดคล้อง	-
2	ข้อที่ 5	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 2	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 3	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 4.1	1	สอดคล้อง	-
3	ข้อที่ 4.2	1	สอดคล้อง	สะกดไวยากรณ์ให้ถูกต้อง
	ข้อที่ 5	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 2	1	สอดคล้อง	ปรับสถานการณ์ให้เข้าใจง่ายขึ้น
	ข้อที่ 3	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
4	ข้อที่ 4.1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 4.2	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 5	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 1	1	สอดคล้อง	ปรับสถานการณ์ให้เข้าใจง่ายขึ้น
	ข้อที่ 2	1	สอดคล้อง	ปรับสถานการณ์ให้เข้าใจง่ายขึ้น

ตาราง 7 (ต่อ) แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาและลำดับชั้น
การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเซลล์เลอร์และเซลล์เลอร์ของแบบทดสอบอัตโนมัติ
ประยุกต์

เหตุการณ์ที่	ข้อที่	คะแนน	สรุปผล	ข้อเสนอแนะ
IOC				
4(ต่อ)	ข้อที่ 3	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 4.1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 4.2	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 5	1	สอดคล้อง	-
5	ข้อที่ 1	1	สอดคล้อง	ปรับสถานการณ์ให้เข้าใจง่ายขึ้น
	ข้อที่ 2	1	สอดคล้อง	ปรับสถานการณ์ให้เข้าใจง่ายขึ้น
	ข้อที่ 3	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 4.1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 4.2	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 5	1	สอดคล้อง	-
6	ข้อที่ 1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 2	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 3	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 4.1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 4.2	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 5	1	สอดคล้อง	-
7	ข้อที่ 1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 2	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 3	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 4.1	1	สอดคล้อง	-

ตาราง 7 (ต่อ) แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาและลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

เหตุการณ์ที่	ข้อที่	คะแนน IOC	สรุปผล	ข้อเสนอแนะ
7(ต่อ)	ข้อที่ 4.2	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 5	1	สอดคล้อง	-
8	ข้อที่ 1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 2	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 3	1	สอดคล้อง	ปรับคำถามให้มีความชัดเจน
	ข้อที่ 4.1	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 4.2	1	สอดคล้อง	-
	ข้อที่ 5	1	สอดคล้อง	-

จากตาราง 7 พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาและลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์จากผู้เชี่ยวชาญได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 ทุกข้อ แต่มีบางข้อที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ปรับคำถามให้มีความชัดเจนและปรับสถานการณ์ให้เข้าใจง่ายขึ้น ผู้วิจัยจึงได้แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำไปหาคุณภาพต่อไป

2.2 ผลการตรวจสอบความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

ผลจากการทดลองครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาพีลิสต์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งผ่านการพิจารณาและปรับปรุงแล้วจำนวน 8 เหตุการณ์ เหตุการณ์ละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบ 40 ข้อ ไปทดลองครั้งที่ 1 กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโรงเรียนชุมชนแสงชูทิศ จำนวน 100 คน จากนั้นนำมาตรวจให้คะแนนตามลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และ

เฮลเลอร์ 5 ขั้นตอน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ความยากง่ายและอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอส์ และพิจารณาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก คัดเลือกข้อสอบเฉพาะข้อที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป รายละเอียดผลการวิเคราะห์เสนอในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เหตุการณ์ ที่	ข้อที่	ความ ยากง่าย	แปลผล	อำนาจ จำแนก	แปลผล	ผลการ พิจารณา
1	ข้อที่ 1	0.54	ยากพอเหมาะ	0.70	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 2	0.48	ยากพอเหมาะ	0.67	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 3	0.81	ง่ายมาก	0.15	ควรปรับปรุง	ไม่เข้าเกณฑ์
	ข้อที่ 4	0.59	ยากพอเหมาะ	0.74	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 5	0.50	ยากพอเหมาะ	0.63	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
2	ข้อที่ 1	0.59	ยากพอเหมาะ	0.59	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 2	0.56	ยากพอเหมาะ	0.89	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 3	0.52	ยากพอเหมาะ	0.52	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 4	0.52	ยากพอเหมาะ	0.44	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 5	0.50	ยากพอเหมาะ	0.48	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
3	ข้อที่ 1	0.54	ยากพอเหมาะ	0.63	อำนาจจำแนกดี	ใช้ได้
	ข้อที่ 2	0.46	ยากพอเหมาะ	0.19	ควรปรับปรุง	ไม่เข้าเกณฑ์
	ข้อที่ 3	0.50	ยากพอเหมาะ	0.56	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 4	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.30	อำนาจจำแนกดี	ใช้ได้
	ข้อที่ 5	0.48	ยากพอเหมาะ	0.59	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้

ตาราง 8 (ต่อ)แสดงค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบอัตนัย
ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการ
แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เหตุการณ์ ที่	ข้อที่	ความ ยากง่าย	แปลผล	อำนาจ จำแนก	แปลผล	ผลการ พิจารณา
4	ข้อที่ 1	0.57	ยากพอเหมาะ	0.48	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 2	0.59	ค่อนข้างยาก	0.44	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 3	0.50	ยากพอเหมาะ	0.56	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 4	0.57	ยากพอเหมาะ	0.78	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 5	0.52	ยากพอเหมาะ	0.59	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
5	ข้อที่ 1	0.54	ยากพอเหมาะ	0.63	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 2	0.56	ยากพอเหมาะ	0.59	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 3	0.59	ยากพอเหมาะ	0.74	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 4	0.61	ค่อนข้างง่าย	0.70	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 5	0.87	ง่ายมาก	0.26	อำนาจจำแนก ปานกลาง	ไม่เข้าเกณฑ์
6	ข้อที่ 1	0.52	ยากพอเหมาะ	0.44	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 2	0.57	ยากพอเหมาะ	0.63	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 3	0.57	ยากพอเหมาะ	0.63	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 4	0.48	ยากพอเหมาะ	0.37	อำนาจจำแนกดี	ใช้ได้
	ข้อที่ 5	0.57	ค่อนข้างยาก	0.70	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
7	ข้อที่ 1	0.48	ยากพอเหมาะ	0.59	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 2	0.59	ยากพอเหมาะ	0.67	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 3	0.54	ยากพอเหมาะ	0.56	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 4	0.41	ยากพอเหมาะ	0.67	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้

ตาราง 8 (ต่อ)แสดงค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบอัตนัย
ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการ
แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เหตุการณ์ ที่	ข้อที่	ความ ยากง่าย	แปลผล	อำนาจ จำแนก	แปลผล	ผลการ พิจารณา
7(ต่อ)	ข้อที่ 5	0.48	ยากพอเหมาะ	0.52	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
8	ข้อที่ 1	0.46	ยากพอเหมาะ	0.56	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 2	0.19	ยากมาก	0.22	อำนาจจำแนก ปานกลาง	ไม่เข้าเกณฑ์
	ข้อที่ 3	0.48	ยากพอเหมาะ	0.59	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 4	0.41	ค่อนข้างง่าย	0.67	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้
	ข้อที่ 5	0.41	ยากพอเหมาะ	0.59	อำนาจจำแนกดีมาก	ใช้ได้

จากตาราง 8 แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
ฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ที่ใช้ในการทดลองครั้งที่ 1
กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน โดยแบบทดสอบมีจำนวน 8 เหตุการณ์ เหตุการณ์ละ 5 ข้อ
มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.19 – 0.81 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.15 – 0.89 โดยข้อสอบที่
มีคุณภาพตามเกณฑ์จะต้องมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20
ขึ้นไป ซึ่งพบว่ามีข้อสอบที่ไม่เข้าเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายจำนวน 4 ข้อ คือ
ข้อสอบในเหตุการณ์ที่ 1, 3, 5 และ 8 ผู้วิจัยจึงคัดเลือกข้อสอบที่เข้าเกณฑ์เพื่อทดลองในครั้งที่ 2
มา 4 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ที่ 2, 4, 6, 7 ซึ่งยังครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ทั้ง
4 จุดประสงค์

2.3 ผลการตรวจสอบความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
ฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง
ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 30 คน แล้วนำแบบทดสอบ

ที่กลุ่มตัวอย่างตอบไปตรวจให้คะแนนตามแนวคำตอบ ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกผู้ตรวจข้อสอบจำนวน 2 ท่าน คือ ตัวผู้วิจัยและครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน โดยมีแบบฟอร์มการลงคะแนนให้ผู้ตรวจแต่ละท่านบันทึกคะแนน และแต่ละท่านไม่มีโอกาสทราบว่าผู้ตรวจอีกท่านให้คะแนนเท่าใด หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบของผู้วิจัยและผู้ตรวจอีกท่านมาตรวจสอบความเป็นปรนัยของการตรวจให้คะแนน โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนจากผู้ตรวจทั้ง 2 ท่าน รายละเอียด ผลการวิเคราะห์เสนอในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการตรวจของผู้วิจัยกับผู้ตรวจอีกท่านของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เหตุการณ์ที่	ข้อที่	รายข้อ	รายเหตุการณ์	ทั้งหมด
1	ข้อที่ 1	0.830**		
	ข้อที่ 2	0.830**		
	ข้อที่ 3	0.843**	0.872**	
	ข้อที่ 4	0.709**		
	ข้อที่ 5	0.850**		
2	ข้อที่ 1	0.722**		
	ข้อที่ 2	0.722**		
	ข้อที่ 3	0.712**	0.781**	0.904**
	ข้อที่ 4	0.791**		
	ข้อที่ 5	1.000**		
3	ข้อที่ 1	0.843**		
	ข้อที่ 2	0.764**		
	ข้อที่ 3	0.856**	0.822**	
	ข้อที่ 4	0.760**		
	ข้อที่ 5	0.811**		

ตาราง 9 (ต่อ)แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการตรวจของผู้วิจัยกับผู้ตรวจอีกท่านของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เหตุการณ์ที่	ข้อที่	รายข้อ	รายเหตุการณ์	ทั้งหมด
4	ข้อที่ 1	0.850**	0.886**	
	ข้อที่ 2	0.929**		
	ข้อที่ 3	0.906**		
	ข้อที่ 4	0.829**		
	ข้อที่ 5	0.802**		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 9 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการตรวจของผู้วิจัยกับผู้ตรวจอีกท่านของข้อสอบเป็นรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.709 – 1.000 รายเหตุการณ์มีค่าตั้งแต่ 0.781 – 0.886 และทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.904 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน

2.4 ผลการตรวจสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 120 คน มาคำนวณหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของของครอนบาค รายละเอียดผลการวิเคราะห์เสนอในตาราง 10

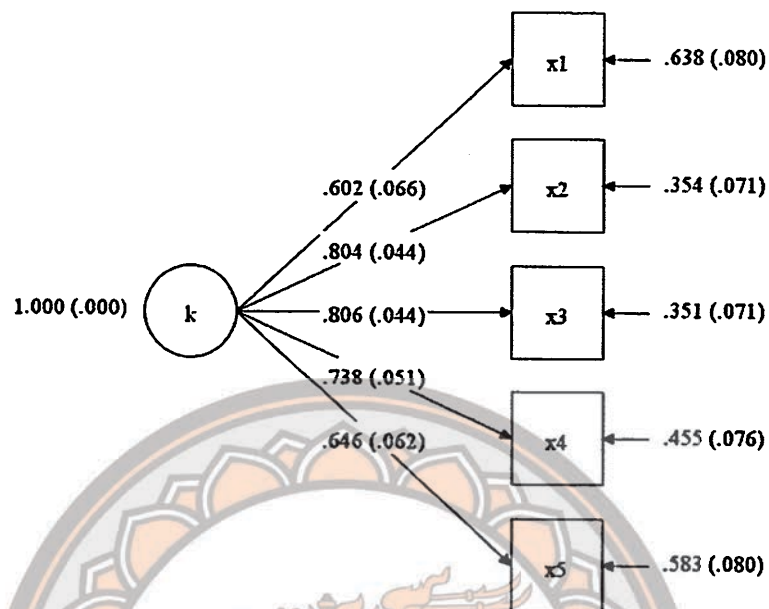
ตาราง 10 แสดงค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

แบบทดสอบอัตนัย	n	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	α	S.E. _{mean}
ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์	120	20	13.25	5.11	0.88	1.77

จากตาราง 10 พบว่า ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ที่นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 120 คน มีทั้งหมด 4 เหตุการณ์ เหตุการณ์ละ 5 ข้อรวมข้อสอบ 20 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน ปรากฏว่าผลการสอบมีค่าเฉลี่ย 13.25 คะแนน มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.11 มีค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในเท่ากับ 0.88 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 1.77

2.5 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 120 คน มาตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ของการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีลักษณะภาพดังนี้



$$\chi^2 = 9.428, df = 5, p\text{-value} = 0.932, RMSEA = 0.086$$

ภาพประกอบ 3 แสดงโมเดลการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

จากภาพประกอบ 3 ค่าไคสแควร์ (χ^2) มีค่า 9.428 ที่ $df = 5$, $p\text{-value} = 0.932$, $RMSEA = 0.086$ แสดงว่า การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตาราง 11 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) และค่าสถิติทดสอบที (t - value) ที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ของการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

องค์ประกอบและตัวชี้วัด	Factor Loading	Standard Error	t - value	R ²
องค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา (K)				
ตัวชี้วัดที่ 1.1 ชั้นพิจารณาปัญหา (X1)	0.602	0.066	9.064*	0.362
ตัวชี้วัดที่ 1.2 ชั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (X2)	0.804	0.044	18.256*	0.646
ตัวชี้วัดที่ 1.3 ชั้นวางแผนแก้ปัญหา (X3)	0.806	0.044	18.391*	0.649
ตัวชี้วัดที่ 1.4 ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (X4)	0.738	0.051	14.412*	0.545
ตัวชี้วัดที่ 1.5 ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (X5)	0.646	0.062	10.471*	0.417

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

$$\chi^2 = 9.428, df = 5, p - value = 0.932, RMSEA = 0.086$$

จากตาราง 11 พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวชี้วัดการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีค่าระหว่าง 0.602 - 0.806 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกค่า และตัวชี้วัดการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีค่าความเที่ยงระหว่าง 0.362-0.649 เมื่อพิจารณาจากแผนภาพโมเดล พบว่าการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีลักษณะคงเดิม ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวชี้วัดทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีความตรงเชิงโครงสร้าง

3. คู่มือการใช้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เพื่อความสะดวกในการใช้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ผู้วิจัยจึงสร้างเป็นคู่มือ ในการใช้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (รายละเอียดในภาคผนวก ค) ประกอบด้วย

3.1 จุดมุ่งหมายของการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

3.2 ลักษณะของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

3.3 การดำเนินการสอบ

3.4 เกณฑ์การให้คะแนน



บทที่ 5

บทสรุป

การพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีจุดมุ่งหมายของการวิจัย กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้และการสรุปผลการวิจัย ดังนี้

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์ เขต 42 ที่ได้มาจากประชากร โดยการสุ่มหลายขั้นตอน จำนวน 250 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มี 4 เหตุการณ์ ๗ ละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบ 20 ข้อ

ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ขั้นพิจารณาปัญหา
- 2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์
- 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา
- 4) ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้
- 5) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

1. แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีจำนวน 4 เหตุการณ์ เหตุการณ์ละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบ 20 ข้อ แต่ละข้อจะแยกไว้เป็นหน้า ๆ โดยแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คือ ส่วนด้านบนของกระดาษซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่องย่อย ช่องซ้ายสุด คือ เวลาที่ใช้ในการทำข้อคำถามนี้ และเวลาสะสม ช่องกลาง คือ เลขที่ของเหตุการณ์ในแบบทดสอบและเลขที่ของข้อคำถามในเหตุการณ์นั้น ช่องขวาสุด คือ ส่วนที่นักเรียนกรอกชื่อ นามสกุล และชื่อโรงเรียน

ส่วนที่ 2 คือ ส่วนที่ใช้แสดงสถานการณ์หรือเงื่อนไข โดยจะเพิ่มข้อมูลที่ละนิดเป็นตอน ๆ

ส่วนที่ 3 คือ ข้อคำถามและเว้นที่สำหรับตอบคำถาม โดยคำถามจะเขียนไปตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และในการตอบคำถามต้องอาศัยข้อความที่กำหนดให้ในกรอบสี่เหลี่ยมด้านบน แบบทดสอบชุดนี้สร้างขึ้นโดยเลือกใช้เนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต และวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ขั้นพิจารณาปัญหา
- 2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์

- 3) ชั้นวางแผนแก้ปัญหา
- 4) ชั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้
- 5) ชั้นตรวจสอบผลลัพธ์

ส่วนที่ 4 คือ ส่วนที่แสดงค่าเดือนในการทำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถามกับเนื้อหาและลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 ทุกข้อ ซึ่งหมายความว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ

2.2 ผลการตรวจสอบความยากง่ายและอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์จากการทดลองครั้งที่ 1 มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.19–0.81 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.15 – 0.89 และผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อที่มีคุณภาพตามเกณฑ์เพื่อใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบได้ 4 เหตุการณ์ โดยมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.41–0.59 และอำนาจจำแนกระหว่าง 0.37 – 0.89

2.3 ผลการตรวจสอบความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการตรวจของผู้วิจัยกับผู้ตรวจอีกท่านของข้อสอบรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.709 – 1.000 รายเหตุการณ์มีค่าตั้งแต่ 0.781 – 0.886 และทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.904 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งหมายความว่า การตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจทั้ง 2 ท่าน มีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน

2.4 ผลการตรวจสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ มีค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในเท่ากับ 0.88 ซึ่งหมายความว่า แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ฉบับนี้มีความเที่ยงสูง

2.5 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์พบว่า สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ($\chi^2 = 9.428$, $df = 5$, $p = 0.932$, $RMSEA = 0.086$) ซึ่ง

หมายความว่าโมเดลการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีความตรงเชิงโครงสร้าง

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. แบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยค้นคว้าสร้างขึ้น ได้แบบทดสอบจำนวน 4 เหตุการณ์ ๆ ละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบ 20 ข้อ โดยคำถามจะเขียนไปตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งมีขั้นตอนที่ชัดเจนฝึกให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด และข้อสอบแต่ละข้อจะแยกไว้เป็นหน้า ๆ เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 3-4 นาที ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้มีการศึกษาลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบอัตโนมัติ แล้วจึงดำเนินสร้างแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์ตามลักษณะเฉพาะซึ่งจำนวนข้อของแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์ควรมีจำนวน 5 - 35 ข้อ ตามแนวคิดของเฟลิตติและสมิท (Feletti, 1980, หน้า 933 - 934) และมีการคำนวณหาเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบแต่ละข้อจากครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน พร้อมบันทึกเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ จากนั้นผู้วิจัยนำเวลาที่ครูใช้ในการทำแบบทดสอบมาคำนวณหาเวลาที่เหมาะสม โดยปรับเวลาในการสอบให้นักเรียนเพิ่มอีก 30 % ตามแนวคิดของเฟลิตติและสมิท (Feletti and Smith, 1980, หน้า 130) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอำมาลา สารชาติ (2548, หน้า 79) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบ เอ็ม อี คิว สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งมีข้อสอบ 5 กรณีศึกษา จำนวน 20 ข้อและคำนวณหาเวลาที่เหมาะสมของการทำแบบทดสอบจากการนำเวลาที่ครูผู้สอนจำนวน 12 ท่านทำแบบทดสอบแล้วนำมาหาเวลาที่เหมาะสม โดยปรับเวลาในการสอบให้นักเรียนเพิ่มอีก 30 % และงานวิจัยของฐิติมา ฐิติรุ่งเรือง (2544, หน้า 58) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาแนวคิดพื้นฐานและ

หลักการพยาบาล ซึ่งมีข้อสอบ 6 สถานการณ์ จำนวน 24 ข้อ และในการหาเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบโดยวิเคราะห์เวลาที่ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 คนใช้ในการตอบคำถามแล้วนำมาหาเวลาเฉลี่ยและปรับปรุงเวลาให้มากขึ้นอีก 30%

จากนั้นนำแบบทดสอบไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและเสนอผู้เชี่ยวชาญ และทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญก่อนจะนำไปหาคุณภาพต่อไป

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบอัตราประยুক্তีวัดความสามารถในการแก้ไขภัยพิบัติฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถามกับเนื้อหาและลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 ทุกข้อ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 5 ที่จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ จากนั้นได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เพื่อใช้ในการกำหนดกรอบของข้อคำถามและยังได้ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบอัตราประยুক্তี การวัดผลและประเมินผล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ได้คำถามที่สอดคล้องกับเนื้อหาและลำดับชั้นการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งสอดคล้องกับพวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530, หน้า 117) กล่าวว่า ถ้าดัชนีความสอดคล้องที่คำนวณได้มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าข้อคำถามนั้นเป็นตัวแทนลักษณะของกลุ่มพฤติกรรม

2.2 ผลการตรวจสอบความยากง่ายและอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบอัตราประยুক্তี จากการทดลองครั้งที่ 1 มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.19–0.81 และค่าอำนาจจำแนกรหว่าง 0.15–0.89 โดยข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ คือมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20–0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งพบว่าข้อสอบที่ไม่เข้าเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนกจำนวน 2 ข้อและค่าความยากง่ายจำนวน 3 ข้อ โดยมีข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะและอำนาจจำแนกดีมาก 29 ข้อ เป็นข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะและอำนาจจำแนกดี 2 ข้อ เป็นข้อสอบที่มีค่อนข้างยากและ

อำนาจจำแนกดีมาก 2 ข้อ ทั้งนี้เนื่องจากแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์มีเนื้อหาที่ครอบคลุม จุดประสงค์การเรียนรู้และขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจน เหมาะสมกับความสามารถของผู้สอบ และจุดเด่นของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ คือ ลดโอกาสในการเดา เพราะต้องใช้ความสามารถในการประมวลข้อมูลที่มีอยู่มากกว่าการใช้ความรู้ ความเข้าใจเท่านั้น เนื่องจากมีเวลาจำกัด ทำให้สามารถแยกระดับความสามารถของผู้สอบได้ โดยคนเก่งจะตอบถูก ส่วนคนอ่อนจะตอบผิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของไตรรงค์ เจนการ (2530, หน้า 84) ได้ศึกษาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 3 แบบ พบว่าแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ส่วนใหญ่มีค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ดี โดยศึกษาจากแบบทดสอบที่เขียนคำถามในลักษณะแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ แบบเลือกตอบและแบบผสม ในด้านความยากง่าย อำนาจจำแนกและเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบทั้ง 3 แบบ พบว่า แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.05 – 0.91 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.09 – 0.66 และงานวิจัยของฐิติมา ฐิติรุ่งเรือง (2544, หน้า 74-76) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาแนวคิดพื้นฐานและหลักการพยาบาล ในด้านความยากง่ายและอำนาจจำแนกผลการวิจัยพบว่า มีความยากง่ายและอำนาจจำแนกรายข้ออยู่ระหว่าง 0.35 - 0.67 และ 0.20 - 0.42 ตามลำดับ และงานวิจัยของสุพัฒตา ภูสอดสี (2553, หน้า 102-103) ได้ศึกษาการสร้างแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า คุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ มีค่าความยากง่ายรายข้อที่เข้าเกณฑ์มีค่าตั้งแต่ 0.31 - 0.85 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.06 - 0.38

2.3 ผลการตรวจสอบความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการตรวจของผู้วิจัยกับผู้ตรวจอีกท่านของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ 0.709 – 1.000 รายเหตุการณ์มีค่าตั้งแต่ 0.781 – 0.886 และทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.904 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งหมายความว่า การตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจทั้ง 2 ท่าน มีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน ทั้งนี้เนื่องจากเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีความชัดเจน เนื่องจากผ่านการพิจารณา

จากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้ว ทำให้ไม่ว่าผู้ตรวจจะเป็นใคร คะแนนในการตรวจจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอำมาลา สารชาติ (2548, หน้า 79) ได้ศึกษาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้านความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจจำนวน 3 ท่านที่มีภูมิลำเนาทางการศึกษาดำเนิน และพบว่าคะแนนของทั้ง 3 ท่านมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการตรวจของผู้ตรวจคนที่ 1 กับผู้ตรวจคนที่ 2 เป็นรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.912 - 1.000 และทั้งฉบับมีค่า 0.999 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการตรวจของผู้ตรวจคนที่ 1 กับผู้ตรวจคนที่ 3 เป็นรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.933 - 1.000 และทั้งฉบับมีค่า 0.999 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการตรวจของผู้ตรวจคนที่ 2 กับผู้ตรวจคนที่ 3 เป็นรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.933 - 1.000 และทั้งฉบับมีค่า 0.999 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ทุกค่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสรุปผลวิจัยว่าแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนสูง ทำให้ลดข้อขัดแย้งของข้อสอบอัตนัยในเรื่องความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนต่ำ

2.4 ผลการตรวจสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ มีค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในเท่ากับ 0.88 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน เนื่องจากมีค่ามากกว่า 0.70 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 209) ทั้งนี้เนื่องจากแบบทดสอบได้ผ่านการคัดเลือกแล้ว ซึ่งแบบทดสอบมีความยากง่ายอยู่ในเกณฑ์ดีและจำนวนข้อของแบบทดสอบมีความเหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป มีการกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบ ทำให้เมื่อนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ค่าความเที่ยงจึงมีค่าสูง และอาจเป็นผลเนื่องจากค่าความแปรปรวนของคะแนนมีมาก จึงส่งผลให้มีความเที่ยงสูงมากด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของไตรรงค์ เจนการ (2530, หน้า 76) ได้ศึกษาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ 3 แบบ คือแบบทดสอบที่เขียนคำถามในลักษณะแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ แบบเลือกตอบและแบบผสม ผลการศึกษา พบว่าแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์มีความเที่ยงสูงกว่าแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ และงานวิจัยของสุไรยา หมันหมัด (2549, หน้า 121) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กล่าวว่า ค่าความเที่ยงขึ้นอยู่กับความแปรปรวนของคะแนน การสอบ ถ้าความแปรปรวนของคะแนนมีมากจะทำให้ความเที่ยงของแบบทดสอบสูงกว่าแบบทดสอบที่มีความแปรปรวนของคะแนนน้อย และผลการวิจัยพบว่าการหาค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคของแบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.96

2.5 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่ 1 ด้วยโปรแกรม M-plus พบว่า ค่า χ^2 มีค่าเท่ากับ 9.428 ค่า p-value มีค่าเท่ากับ 0.932 แสดงว่า โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากสาเหตุหลายประการ ดังนี้

2.5.1 ตัวชี้วัดแต่ละตัวในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้มีการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ได้ตัวชี้วัดที่สามารถวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้

2.5.2 ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีขนาดมากเพียงพอตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งควรมีขนาดตัวอย่างควรมากกว่าจำนวนตัวแปรอย่างน้อย 5-20 เท่า (Hair, et al., 2010 อ้างถึงใน ปกรณ์ ประจัญบาน, 2561, หน้า 385-386) การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา กลุ่มตัวอย่างจำนวน 120 คน มีจำนวนมากกว่าจำนวนตัวแปร 20 เท่า

2.5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยได้เก็บข้อมูลด้วยตนเอง ทำให้ได้ข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ซึ่งสอดคล้องกับศิริชัย กาญจนวาสี (2556, หน้า 88) กล่าวว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เป็นการแสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้าง โดยหลักฐานที่แสดงนั้นเป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูล หากโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลจะบ่งชี้ถึงโมเดลองค์ประกอบที่ศึกษาเป็นหลักฐานสำหรับยืนยันองค์ประกอบคุณลักษณะที่วัด

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ไปใช้

1.1 การใช้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ผู้นำแบบทดสอบไปใช้ควรศึกษา คู่มือการใช้แบบทดสอบให้เข้าใจ และอธิบายวิธีการทำแบบทดสอบให้กรรมการคุมสอบและผู้สอบ ให้เข้าใจตรงกันถึงวิธีการทำข้อสอบอย่างชัดเจน เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนและสะดวกต่อการดำเนินการสอบ รวมทั้งต้องดำเนินการตามคู่มือการใช้แบบทดสอบอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันการเกิดความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการดำเนินการสอบ

1.2 ควรนำแบบทดสอบไปใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อวิเคราะห์สำหรับเป็นแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ อันเป็นประโยชน์แก่นักเรียนและบุคคลที่เกี่ยวข้อง ในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ต่อไป

1.3 หลังจากการสอบควรเปิดโอกาสให้ผู้สอบแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์ และข้อคำถาม เพื่อนำไปปรับปรุงข้อคำถามให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์ในระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อให้การวัดผลและประเมินผลการศึกษา มีความเป็นมาตรฐาน และให้ สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนและนักเรียน

2.2 ควรมีการศึกษาการสร้างโมเดลคำตอบให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

- กติกกร กมลรัตน์สมบัติ. (2558). ผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). คู่มือการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์(PECA)ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.
- โกวิทย์ ประवालพุกฤษ. (2527). การประเมินในชั้นเรียน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วัฒนาการพิมพ์.
- ชวาล แพร่ตกุล. (2516). เทคนิคการวัดผล. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.
- ฐิติมา ฐิติรุ่งเรือง. (2544). การพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์วิชาแนวคิดพื้นฐานและหลักการพยาบาล. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.
- ณัฐวดี ยกน้อยวงศ์. (2561). การพัฒนาทักษะการใช้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพมหานคร.
- ไทรรงค์ เจนการ. (2530) การศึกษาคุณภาพของแบบทดสอบ เอ็ม อี คิว วัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

- ทีศนา แชมมณี. (2552). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธัชกร สุวรรณจรัส. (2540). การประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เอ็ม อี คิว วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาบัญชีกิจการบริการ ที่มีผู้ตรวจให้คะแนน 1 คน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.
- ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน . (2559). การศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮร์เลอร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี: กรณีศึกษานักศึกษา. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพมหานคร.
- ปกรณัม ประจัญบาน. (2561). เทคนิคการวิเคราะห์และประยุกต์โมเดลสมการโครงสร้างสำหรับงานวิจัยและประเมิน. เอกสารประกอบการสอน มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2530). การสร้างและการพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิไลพร แซ่มซ้อย. (2552). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาปทุมธานี เขต 2 . วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.
- ภัทรพล แก้วเสนา. (2559). การพัฒนาการคิดวิเคราะห์ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยการสอนโดยใช้แบบทดสอบอัตโนมัติประยุกต์ (MEQ) ในเรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.
- โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ (2561). หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. นครสวรรค์ :โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น.

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สาขาวิทยาศาสตร์ภาคบังคับ. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์.
กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สกสค. ลาดพร้าว.
- สุพัฒตา ภูสอด้สี. (2553). การสร้างแบบทดสอบเอ็มอีคิววัดความสามารถในการแก้ปัญหา
ทางคณิตศาสตร์เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.,
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- สุไรยา หมั่นหมัด. (2549). การพัฒนาแบบทดสอบอัตรานัยประยุกต์วัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.,
มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.
- โสมภิลัย สุวรรณ. (2554). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วนโดยใช้
กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
โรงเรียนอนุบาลลำพูน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อนันต์ ศรีโสภ (2525). การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- อมรลักษณ์ ฤทธิเดช. (2553). ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยใช้กลวิธีการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์
และเฮลเลอร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อำมาลา สารชาติ. (2548). การพัฒนาแบบทดสอบ เอ็ม อี คิว สำหรับวัดความสามารถใน
การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.
วิทยานิพนธ์ ค.ม., มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.
- เอกวิทย์ ดวงแก้ว. (2558). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้
โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โดยใช้การจัดการ
เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิง
ตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

- Feletti, G.I. (1983). *The Medical Teacher ; The Modified Essay Question for Testing Problem Solving Skill. The Undergraduate Programme Vol2, University of Newcastle New South Wales, Australia.*
- Feletti, G.I. and C.E Engle. (1980). Reliability and Validity studies on Modified Essay Question, *Journal of Medical Education*, 55(11), 933 – 941.
- Gaigher, E., J.M. and Braun, M. W. H. (2007). Exploring the Development of Conceptual Understanding through Structured Problem-solving in Physics. *International Journal of Science Education*, 29(9), 1089 – 1110.
- Gronlund, Norman E. (1965). *Measurement and Evaluation in Teaching. 4th ed. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.*
- Heller, K. and Heller, P. (2000). *The Competent Problem Solver for Introductory Physics. New York: Primis Custom Publishing.*
- Rabinowitz. H.K. and M. Hoja. (1989). A comparison of the Modified Essay Questions and Multiple choice Question Format: Their Relationship to clinical performance, *Family Medicine*, 21(5), 364 – 367.
- Saunders, N.R. and others. (1987). Comparison of Performance of Final-Year Students from Three Australian Medical Schools, *The Medical Journal of Australia*, 147(8), 385-388.
- Stratford, P. and H. Pierce-Fenn. (1985). Modified Essay Question, *Physical Therapy*, 65(7), 1075 – 1085.
- The Board of Censors of The Royal College of General Practitioners. (1971) The Modified Essay Question, *Journal of the Royal College of General Practitioners*, 21(107), 373 – 376.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ จันทะคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. นางสาวสุกัญญา นิ่มพันธ์ ครูชำนาญการพิเศษ ปริญญาโทสาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ จังหวัดนครสวรรค์
3. นางสาวจุฑามาศ ทรายแก้ว ศึกษานิเทศก์ชำนาญการ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครสวรรค์
4. นายวีรชิตพงษ์ พิศอ่อน ครูชำนาญการพิเศษ ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบางมูลนากภูมิวิทยาคม จังหวัดพิจิตร
5. นางการุญจิตร พิซไพจิตร ครูชำนาญการพิเศษ ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบางมูลนากภูมิวิทยาคม จังหวัดพิจิตร



ภาคผนวก ข รายชื่อครูที่ทดลองทำแบบทดสอบและคณะกรรมการตรวจให้คะแนน

1. รายชื่อครูที่ทดลองทำแบบทดสอบ

1.1 นางสาวสุนิรัตน์ ไฉมยงค์ ครูชำนาญการพิเศษ ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ จังหวัดนครสวรรค์

1.2 นางสาวณัฏยา ลีมวัฒนา ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ
จังหวัดนครสวรรค์

2. คณะกรรมการตรวจให้คะแนน

2.1 นางสาวณัฏยา ลีมวัฒนา ครูประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชุมแสงชนูทิศ
จังหวัดนครสวรรค์





ภาคผนวก ค

แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
ฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คู่มือการใช้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
ฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คู่มือการใช้แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย จุดมุ่งหมายของการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ลักษณะของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ การดำเนินการสอบ เกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. จุดมุ่งหมายของการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ชุดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และเพื่อฝึกให้นักเรียนรู้จักคิดตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ขั้นพิจารณาปัญหา
- 2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์
- 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา
- 4) ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้
- 5) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์

แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบทดสอบที่ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนเดาได้ ผลจากการสอบโดยใช้แบบทดสอบนี้สามารถบ่งชี้จุดบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนได้ว่าบกพร่องในขั้นตอนใดของการแก้โจทย์ปัญหา ทำให้ครูสามารถช่วยเหลือนักเรียนได้ตรงจุด

2. ลักษณะของแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ มีทั้งหมด 4 เหตุการณ์ เหตุการณ์ละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบ 20 ข้อแต่ละข้อจะแยกไว้เป็นหน้า ๆ โดยแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คือ ส่วนด้านบนของกระดาษซึ่งแบ่งเป็น 3 ช่องย่อย ช่องซ้ายสุด คือ เวลาที่ใช้ในการทำข้อคำถามนี้ และเวลาสะสม ช่องกลาง คือ เลขที่ของเหตุการณ์ในแบบทดสอบ และข้อคำถามในเหตุการณ์นั้น ช่องขวาสุด คือ ส่วนที่นักเรียนกรอกชื่อ นามสกุล และชื่อโรงเรียน

ส่วนที่ 2 คือ ส่วนที่ใช้แสดงสถานการณ์หรือเงื่อนไข โดยจะเพิ่มข้อมูลที่ละนิดเป็นตอน ๆ

ส่วนที่ 3 คือ ข้อคำถามและเว้นที่สำหรับตอบคำถาม โดยคำถามจะเขียนไปตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และในการตอบคำถามต้องอาศัยข้อความที่กำหนดให้ในกรอบสี่เหลี่ยมด้านบน แบบทดสอบชุดนี้สร้างขึ้นโดยเลือกใช้เนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต และวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 5 ขั้นตอน

ส่วนที่ 4 คือ ส่วนที่แสดงค่าเตือนในการทำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์

3. การดำเนินการสอบ ในการดำเนินการสอบแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวความคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการประเมินรายบุคคล โดยมีคำแนะนำในการทำแบบทดสอบดังนี้

3.1 ก่อนที่ผู้สอบจะเข้าห้องสอบ กรรมการคุมสอบจะนำแบบทดสอบวางไว้บนโต๊ะสอบทุกตัว

3.2 ผู้สอบเข้านั่งประจำโต๊ะสอบของตนเอง

3.3 ผู้สอบอ่านคำอธิบายวิธีการสอบที่อยู่ด้านหน้าของข้อสอบ โดยให้เวลาในการอ่าน 5 นาที จากนั้นเปิดโอกาสให้ผู้สอบซักถามข้อสงสัย

3.4 เมื่อกรรมการคุมสอบสั่ง "ลงมือทำได้" จึงสามารถทำข้อสอบได้ โดยกรรมการคุมสอบจะเป็นคนบอกเวลาเมื่อหมดเวลาในแต่ละข้อ และให้ผู้สอบหยุดทำในข้อนั้นทันที จากนั้นให้ผู้สอบพลิกข้อสอบไปในข้อถัดไปและรอฟังสัญญาณจากกรรมการคุมสอบ

3.5 เริ่มทำตั้งแต่เหตุการณ์ที่ 1 หน้า 1 เมื่อทำเสร็จแล้วให้ตรวจสอบให้แน่ใจในคำตอบ เพราะท่านไม่มีโอกาสย้อนกลับไปทำอีก และท่านต้องจำข้อมูลที่สำคัญในโจทย์ที่ให้ เพราะท่านอาจจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้

3.6 เขียนตอบในพื้นที่ที่กำหนดให้ด้วยลายมือที่อ่านง่าย เพื่อสะดวกในการตรวจ

4. เกณฑ์การให้คะแนน สำหรับแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ที่สร้างขึ้นมีทั้งหมด 4 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยกำหนดให้แต่ละขั้นตอนมีคะแนนเต็ม 1 คะแนน รวมคะแนนเต็มแต่ละเหตุการณ์ทั้งสิ้น 5 คะแนน ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละเหตุการณ์ ดังนี้ ผู้วิจัยแบ่งคะแนนออกเป็น 2 ระดับ คือ 0 และ 1 สำหรับ 0 คะแนน คือ ผู้ตอบคำถามไม่ถูกต้องตามแนวคำตอบหรือไม่มีการตอบคำถาม และ 1 คะแนน คือ ผู้ตอบคำถามได้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ โดยในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จะประกอบด้วย 2-3 ข้อย่อย ซึ่งเกณฑ์ในการให้คะแนนกรณีที่มี 3 ข้อย่อยจะต้องผ่าน 2 ใน 3 ของข้อย่อยทั้งหมดจึงจะถือว่าผ่านและได้คะแนน 1 คะแนน ส่วนกรณีที่มี 2 ข้อย่อยจะต้องผ่านทั้ง 2 ข้อย่อยจึงจะถือว่าผ่านและได้คะแนน 1 คะแนน แต่ถ้าผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจะได้ 0 คะแนน

**คำแนะนำในการทำแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถ
ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหา
เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์**

โปรดอ่านคำแนะนำนี้ให้เข้าใจ หากมีข้อสงสัยสอบถามกรรมการคุมสอบก่อนลงมือทำแบบทดสอบ เมื่อทำแบบทดสอบแล้ว กรรมการคุมสอบจะไม่ตอบคำถามใด ๆ เกี่ยวกับตัวแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบทั้งหมดมี 4 เหตุการณ์ จำนวน 20 ข้อ
2. มุมบนซ้ายของหน้ากระดาษทุกแผ่นจะแสดงเวลาที่ให้แต่ละข้อ
3. มุมบนขวาของหน้ากระดาษทุกแผ่นให้กรอกชื่อ - สกุล โรงเรียน
4. ลงมือทำแบบทดสอบ เมื่อกรรมการคุมสอบสั่งให้ "ลงมือทำได้" และหยุดเมื่อกรรมการบอก "หมดเวลา" ในแต่ละหน้า
5. เริ่มทำตั้งแต่เหตุการณ์ที่ 1 หน้า 1 เมื่อทำเสร็จแล้วให้ตรวจสอบให้แน่ใจในคำตอบ เพราะท่านไม่มีโอกาสย้อนกลับไปทำอีก และท่านต้องจำข้อมูลที่สำคัญในโจทย์ที่ให้เพราะท่านอาจจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้
6. ให้นักเรียนตอบคำถามทุกข้อ ถ้าเว้นการตอบข้อใดข้อหนึ่งจะไม่ได้คะแนน
7. กรุณาเขียนคำตอบด้วยลายมือที่อ่านได้ง่าย ในพื้นที่ที่กำหนดให้

ขอบคุณอย่างยิ่งที่กรุณาเสียสละเวลาในการตอบแบบทดสอบครั้งนี้

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 1	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 3 นาที	ข้อคำถามที่ 1	โรงเรียน.....
สถานการณ์ เมื่อนำลูกพิท 2 ลูกที่มีประจุไฟฟ้าเหมือนกันวางใกล้กันในตัวกลางใด ๆ จะเกิดแรงผลักร่วมกัน แต่ถ้าประจุทั้งสองต่างกันจะเกิดแรงดึงดูดร่วมกัน โดยแรงระหว่างประจุทั้งสองจะมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้าม ดังนั้น ถ้านำลูกพิทที่มีประจุบวกและประจุลบ วางห่างกัน 20 เซนติเมตร โดยให้ประจุลบอยู่ทางขวาของประจุบวกและนำประจุทดสอบขนาด $+1 \times 10^{-6}$ คูลอมป์ มาวางไว้ที่จุดกึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสอง จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ		
ข้อคำถามข้อที่ 1 คำถาม 1.1 : จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนสามารถเขียนแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดได้อย่างไร คำตอบ		
คำถาม 1.2 : จากสถานการณ์ข้างต้นโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด(พร้อมระบุสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์) คำตอบ		
คำถาม 1.3 : หลักการทางฟิสิกส์ที่นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคืออะไร คำตอบ		
ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก		

เวลาในการทำข้อนี้ 4 นาที	เหตุการณ์ที่ 1	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 7 นาที	ข้อคำถามที่ 2	โรงเรียน.....
สถานการณ์ นำลูกพิทขนาด $+4 \times 10^6$ คูลอมป์ และ -2×10^6 คูลอมป์ วางห่างกัน 20 เซนติเมตร โดยให้ประจุ ลบอยู่ทางขวาของประจุบวก ถ้านำประจุทดสอบขนาด $+1 \times 10^6$ คูลอมป์ มาวางไว้ที่จุดกึ่งกลาง ระหว่างประจุทั้งสอง จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ		
ข้อคำถามข้อที่ 2 คำถาม 2.1 : นักเรียนจะเขียนแผนภาพและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดมาให้สมบูรณ์ได้ อย่างไร คำตอบ		
คำถาม 2.2 : นักเรียนจะเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหา คำตอบได้อย่างไร คำตอบ		
ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 1	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 10 นาที	ข้อคำถามที่ 3	โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p> <p>เมื่อนำประจุทดสอบขนาด $+1 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ มาวางไว้ที่จุดกึ่งกลางระหว่างลูกพิททั้งสองที่มีขนาด $+4 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ และ -2×10^{-6} คูลอมบ์ ที่วางห่างกัน 20 เซนติเมตร จะเกิดแรงกระทำต่อประจุทดสอบดังรูป</p>		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 3</p> <p>คำถาม 3.1 : นักเรียนสามารถเขียนความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปสมการหรือสูตรได้อย่างไร</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>คำถาม 3.2 : มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากี่ตัว อะไรบ้าง</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>คำถาม 3.3 : ให้นักเรียนวางแผนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาในรูปสมการคณิตศาสตร์อธิบายเป็นขั้นตอน</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 13 นาที	เหตุการณ์ที่ 1 ข้อคำถามที่ 4	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p> <p>เมื่อนำประจุทดสอบขนาด $+1 \times 10^{-6}$ คูลอมป์ มาวางไว้ที่จุดกึ่งกลางระหว่างลูกพิททั้งสองที่มีขนาด $+4 \times 10^{-6}$ คูลอมป์ และ -2×10^{-6} คูลอมป์ ที่วางห่างกัน 20 เซนติเมตร จะเกิดแรงกระทำต่อประจุทดสอบดังรูป</p>  <p>สามารถอธิบายให้อยู่ในรูปสมการ ดังนี้ $\vec{F} = \frac{kQ_1Q_2}{R^2}$</p>		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 4</p> <p>คำถาม 4.1 : จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนสามารถแสดงการแทนค่าตัวแปรในสมการได้อย่างไร</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 1	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 16 นาที	ข้อคำถามที่ 4	โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p> <p>นำลูกพิทขนาด $+4 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ และ -2×10^{-6} คูลอมบ์ วางห่างกัน 20 เซนติเมตร ถ้านำประจุทดสอบขนาด $+1 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ มาวางไว้ที่จุดกึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสอง จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ กำหนดค่าคงตัว $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$</p> <p>สามารถเขียนสมการได้ ดังนี้</p> $\vec{F}_1 = \frac{kQ_1Q_2}{R_1^2} \qquad \vec{F}_2 = \frac{kQ_1Q_2}{R_2^2}$ $= \frac{(9 \times 10^9)(4 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} \qquad = \frac{(9 \times 10^9)(2 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2}$ <p>กำหนดให้ทิศ \rightarrow เป็น + $\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$</p>		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 4</p> <p>คำถาม 4.2 : จากสถานการณ์ข้างต้น จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่าขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 1	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 19 นาที	ข้อคำถามที่ 5	โรงเรียน.....

สถานการณ์

นำลูกพิทขนาด $+4 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ และ -2×10^{-6} คูลอมบ์ วางห่างกัน 20 เซนติเมตร ถ้านำประจุทดสอบขนาด $+1 \times 10^{-6}$ คูลอมบ์ มาวางไว้ที่จุดกึ่งกลางระหว่างประจุทั้งสอง จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อประจุทดสอบ กำหนดค่าคงตัว $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

สามารถแสดงวิธีทำ ดังนี้

$$\vec{F}_1 = \frac{kQ_1Q_2}{R_1^2} \qquad \vec{F}_2 = \frac{kQ_1Q_2}{R_2^2}$$

$$= \frac{(9 \times 10^9)(4 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} \qquad = \frac{(9 \times 10^9)(2 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2}$$

$$= 3.6 \text{ N} \qquad = 1.8 \text{ N}$$

กำหนดให้ทิศ \rightarrow เป็น + $\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$$= 3.6 + 1.8$$

$$= 5.4 \text{ นิวตัน}$$

ข้อคำถามข้อที่ 5

คำถาม 5.1 : นักเรียนสามารถเขียนสรุปคำตอบและตรวจสอบหน่วยที่โจทย์ถามพร้อมทั้งบอกทิศทางแรงลัพธ์ได้อย่างไร

คำตอบ

.....

.....

คำถาม 5.2 : คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่อย่างไร

คำตอบ

.....

ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 ข้อคำถามที่ 1	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
สถานการณ์ จุด A, B และ C อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ห่างกันช่วงละ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ หากนำประจุทดสอบมาวางไว้ ณ จุด B จงหาสนามไฟฟ้าที่จุด B		
ข้อคำถามข้อที่ 1 คำถาม 1.1 : จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนสามารถเขียนแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดได้อย่างไร คำตอบ		
คำถาม 1.2 : จากสถานการณ์ข้างต้นโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด(พร้อมระบุสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์) คำตอบ		
คำถาม 1.3 : หลักการทางฟิสิกส์ที่นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคืออะไร คำตอบ		
ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 9 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 ข้อคำถามที่ 3	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
สถานการณ์ จุด A, B และ C อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ห่างกันช่วงละ 10 เซนติเมตร วางจุดประจุ -4 ไมโครคูลอมบ์, 5 ไมโครคูลอมบ์ ที่จุด A และ C ตามลำดับ หากนำประจุทดสอบมาวางไว้ ณ จุด B จงหาสนามไฟฟ้าที่จุด B		
ข้อคำถามข้อที่ 3 คำถาม 3.1 : นักเรียนสามารถเขียนความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปสมการหรือสูตรได้อย่างไร คำตอบ		
คำถาม 3.2 : มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าที่ตัว อะไรบ้าง คำตอบ		
คำถาม 3.3 : ให้นักเรียนวางแผนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาในรูปสมการคณิตศาสตร์ อธิบายเป็นขั้นตอน คำตอบ		
ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 12 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 ข้อคำถามที่ 4	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p> <p>จุด A, B และ C อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ห่างกันช่วงละ 10 เซนติเมตร วางจุดประจุ -4 ไมโครคูลอมบ์, 5 ไมโครคูลอมบ์ ที่จุด A และ C ตามลำดับ หากนำประจุทดสอบมาวางไว้ ณ จุด B จงหาสนามไฟฟ้าที่จุด B</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>สามารถอธิบายให้อยู่ในรูปสมการ ดังนี้ $\vec{E} = \frac{kQ}{R^2}$</p>		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 4</p> <p>คำถาม 4.1 : จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนสามารถแสดงการแทนค่าตัวแปรในสมการได้อย่างไร</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 2	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 15 นาที	ข้อคำถามที่ 4	โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p> <p>จุด A, B และ C อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ห่างกันช่วงละ 10 เซนติเมตร วางจุดประจุ -4 ไมโครคูลอมบ์, 5 ไมโครคูลอมบ์ ที่จุด A และ C ตามลำดับ หากนำประจุทดสอบมาวางไว้ ณ จุด B จงหาสนามไฟฟ้าที่จุด B</p> <p>สามารถอธิบายให้อยู่ในรูปสมการ ดังนี้</p> $\vec{E}_A = \frac{kQ_A}{R_A^2} \qquad \vec{E}_C = \frac{kQ_C}{R_C^2}$ $= \frac{9 \times 10^9 (4 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} \qquad = \frac{9 \times 10^9 (5 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2}$ $\sum \vec{E}_R = \vec{E}_A + \vec{E}_C$		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 4</p> <p>คำถาม 4.2 : จากสถานการณ์ข้างต้น จงแสดงวิธีการคำนวณหาสนามไฟฟ้าที่จุด B</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 2	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 15 นาที	ข้อคำถามที่ 5	โรงเรียน.....

สถานการณ์

จุด A, B และ C อยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ห่างกันช่วงละ 10 เซนติเมตร วางจุดประจุ -4 ไมโครคูลอมบ์, 5 ไมโครคูลอมบ์ ที่จุด A และ C ตามลำดับ หากนำประจูดสอบมาวางไว้ ณ จุด B จงหาสนามไฟฟ้าที่จุด B

สามารถแสดงวิธีทำ ดังนี้

$$\begin{aligned} \vec{E}_A &= \frac{kQ_A}{R_A^2} & \vec{E}_C &= \frac{kQ_C}{R_C^2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 (4 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} & &= \frac{9 \times 10^9 (5 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} \\ &= 36 \times 10^5 \text{ N/C} & &= 45 \times 10^5 \end{aligned}$$

กำหนดให้ทิศ ← เป็น +

$$\begin{aligned} \sum \vec{E}_R &= \vec{E}_A + \vec{E}_C \\ \sum E_R &= 36 \times 10^5 + 45 \times 10^5 \\ &= 81 \times 10^5 \text{ N/c} \end{aligned}$$

ข้อคำถามข้อที่ 5

คำถาม 5.1 : นักเรียนสามารถเขียนสรุปคำตอบและตรวจสอบหน่วยที่โจทย์ถามได้อย่างไร

คำตอบ

.....

.....

คำถาม 5.2 : คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่อย่างไร

คำตอบ

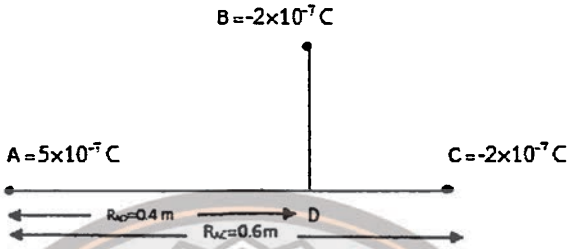
.....

.....

ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 3 ข้อคำถามที่ 1	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
สถานการณ์ ณ ตำแหน่ง A และ C อยู่ห่างกันเป็นระยะ 0.6 เมตรตามแนวระดับ โดย C อยู่ทางขวาของ A และให้เส้นตรง BD อยู่บนเส้นตรง AC และตั้งฉากกัน โดยจุด D อยู่บนเส้นตรง AC อยู่ห่างจากตำแหน่ง A 0.4 เมตร จงหาระยะห่าง BD ที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง D เป็นศูนย์		
ข้อคำถามข้อที่ 1 คำถาม 1.1 : จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนสามารถเขียนแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดได้อย่างไร คำตอบ		
คำถาม 1.2 : จากสถานการณ์ข้างต้นโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด(พร้อมระบุสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์) คำตอบ		
คำถาม 1.3 : หลักการทางฟิสิกส์ที่นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคืออะไร คำตอบ		
ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 6 นาที	เหตุการณ์ที่ 3 ข้อคำถามที่ 2	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
สถานการณ์ ณ ตำแหน่ง A และ C อยู่ห่างกันเป็นระยะ 0.6 เมตรตามแนวระดับ โดย C อยู่ทางขวาของ A แล้ว A มีประจุ 5×10^{-7} คูลอมป์ C มีประจุ -2×10^{-7} คูลอมป์ และให้เส้นตรง BD อยู่บนเส้นตรง AC และตั้งฉากกัน โดยจุด D อยู่บนเส้นตรง AC อยู่ห่างจากตำแหน่ง A 0.4 เมตร ที่จุด B มีประจุ -2×10^{-7} คูลอมป์ จงหาระยะห่าง BD ที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง D เป็นศูนย์		
ข้อคำถามข้อที่ 2 คำถาม 2.1 : นักเรียนจะเขียนแผนภาพและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดมาให้สมบูรณ์ได้อย่างไร คำตอบ		
คำถาม 2.2 : นักเรียนจะเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบได้อย่างไร คำตอบ		
ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก		

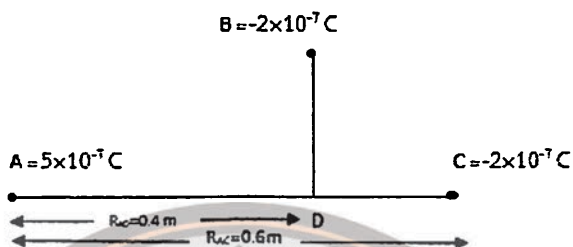
เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 3	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 9 นาที	ข้อคำถามที่ 3	โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p>  <p>จงหาระยะห่าง BD ที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง D เป็นศูนย์ เมื่อกำหนดค่าคงตัว $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$</p>		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 3</p> <p>คำถาม 3.1 : นักเรียนสามารถเขียนความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปสมการหรือสูตรได้อย่างไร</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>คำถาม 3.2 : มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากี่ตัว อะไรบ้าง</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>คำถาม 3.3 : ให้นักเรียนวางแผนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาในรูปสมการคณิตศาสตร์ อธิบายเป็นขั้นตอน</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 3	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 12 นาที	ข้อคำถามที่ 4	โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>จงหาระยะห่าง BD ที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง D เป็นศูนย์ เมื่อกำหนดค่าคงตัว $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ สามารถอธิบายให้อยู่ในรูปสมการ ดังนี้ $V = \frac{kQ}{R}$</p>		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 4</p> <p>คำถาม 4.1 : จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนสามารถแสดงการแทนค่าตัวแปรในสมการได้อย่างไร</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 15 นาที	เหตุการณ์ที่ 3 ข้อคำถามที่ 4	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>จงหาระยะห่าง BD ที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง D เป็นศูนย์ เมื่อกำหนดค่าคงตัว $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ สามารถอธิบายให้อยู่ในรูปสมการ ดังนี้</p> $V_D = V_A + V_B + V_C$ $0 = \frac{kQ_A}{R_{AD}} + \frac{kQ_B}{R_{BD}} + \frac{kQ_C}{R_{CD}}$ $0 = \frac{9 \times 10^9 (5 \times 10^{-7})}{0.4} + \frac{9 \times 10^9 (-2 \times 10^{-7})}{R_{BD}} + \frac{9 \times 10^9 (-2 \times 10^{-7})}{0.2}$		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 4</p> <p>คำถาม 4.2 : จากสถานการณ์ข้างต้น จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่าตัวแปรที่ต้องการ</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 3	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 18 นาที	ข้อคำถามที่ 5	โรงเรียน.....

สถานการณ์



จงหาระยะห่าง BD ที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง D เป็นศูนย์ เมื่อกำหนดค่าคงตัว $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ สามารถแสดงวิธี ดังนี้

$$\begin{aligned}
 V_D &= V_A + V_B + V_C \\
 0 &= \frac{kQ_A}{R_{AD}} + \frac{kQ_B}{R_{BD}} + \frac{kQ_C}{R_{CD}} \\
 0 &= \frac{9 \times 10^9 (5 \times 10^{-7})}{0.4} + \frac{9 \times 10^9 (-2 \times 10^{-7})}{R_{BD}} + \frac{9 \times 10^9 (-2 \times 10^{-7})}{0.2} \\
 0 &= \frac{5}{0.4} - \frac{2}{R_{BD}} - \frac{2}{0.2} \\
 R_{BD} &= 0.8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

ข้อคำถามข้อที่ 5

คำถาม 5.1 : นักเรียนสามารถเขียนสรุปคำตอบและตรวจสอบหน่วยที่โจทย์ได้ได้อย่างไร

คำตอบ

คำถาม 5.2 : คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่อย่างไร

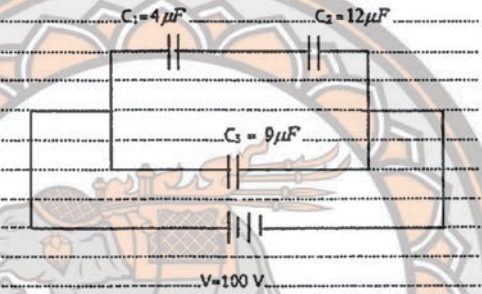
คำตอบ

ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้

ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 4 ข้อคำถามที่ 1	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
สถานการณ์ นำตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 มาต่อกันแบบอนุกรม แล้วต่อขนานกับ C_3 โดยนำตัวเก็บประจุทั้ง 3 มาต่อกับแบตเตอรี่ V พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุมีค่าที่จุด		
ข้อคำถามข้อที่ 1 คำถาม 1.1 : จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนสามารถเขียนแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดได้อย่างไร คำตอบ คำถาม 1.2 : จากสถานการณ์ข้างต้นโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด(พร้อมระบุสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์) คำตอบ คำถาม 1.3 : หลักการทางฟิสิกส์ที่นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคืออะไร คำตอบ		
ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก		

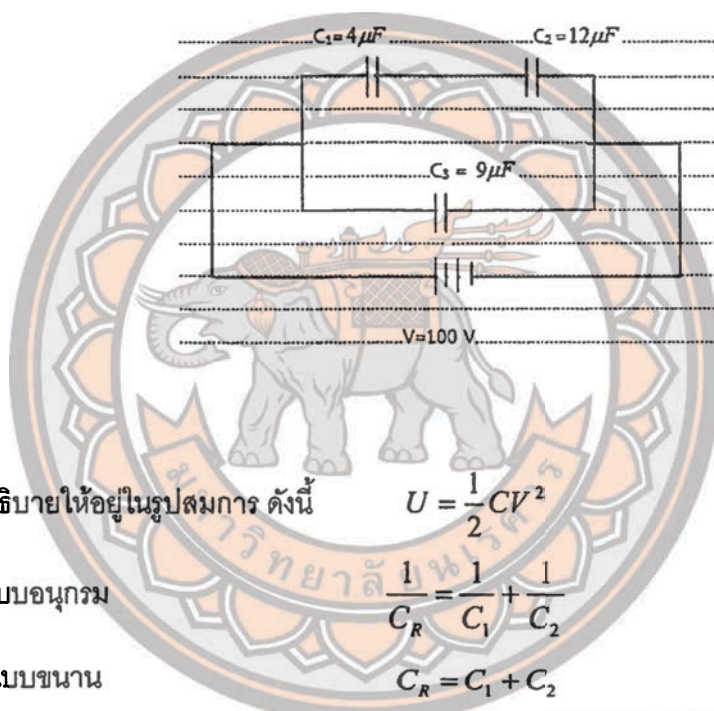
เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 6 นาที	เหตุการณ์ที่ 4 ข้อคำถามที่ 2	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
สถานการณ์ ตัวเก็บประจุ C_1 , C_2 และ C_3 มีขนาดความจุ 4 ไมโครฟารัด , 12 ไมโครฟารัด และ 9 ไมโครฟารัด ตามลำดับ นำตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 มาต่อกันแบบอนุกรม และต่อขนานกับ C_3 โดยนำตัวเก็บประจุทั้ง 3 มาต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 100 V พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุมีค่ากี่จูล		
ข้อคำถามข้อที่ 2 คำถาม 2.1 : นักเรียนจะเขียนแผนภาพและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดมาให้สมบูรณ์ได้อย่างไร คำตอบ		
คำถาม 2.2 : นักเรียนจะเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหา คำตอบได้อย่างไร คำตอบ		
ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 9 นาที	เหตุการณ์ที่ 4 ข้อคำถามที่ 3	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p> <p>ตัวเก็บประจุ C_1, C_2 และ C_3 มีขนาดความจุ 4 ไมโครฟารัด , 12 ไมโครฟารัด และ 9 ไมโครฟารัด ตามลำดับ นำตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 มาต่อกันแบบอนุกรม และต่อขนานกับ C_3 โดยนำตัวเก็บประจุทั้ง 3 มาต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 100 V พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุมีค่ากี่จูล</p> 		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 3</p> <p>คำถาม 3.1 : นักเรียนสามารถเขียนความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปสมการหรือสูตรได้อย่างไร</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>คำถาม 3.2 : มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าที่ตัว อะไรบ้าง</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>คำถาม 3.3 : ให้นักเรียนวางแผนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาในรูปสมการคณิตศาสตร์ อธิบายเป็นขั้นตอน</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 4	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 12 นาที	ข้อคำถามที่ 4	โรงเรียน.....

สถานการณ์

ตัวเก็บประจุ C_1 , C_2 และ C_3 มีขนาดความจุ 4 ไมโครฟารัด , 12 ไมโครฟารัด และ 9 ไมโครฟารัด ตามลำดับ นำตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 มาต่อกันแบบอนุกรม และต่อขนานกับ C_3 โดยนำตัวเก็บประจุทั้ง 3 มาต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 100 V พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุมีค่ากี่จูล



สามารถอธิบายให้อยู่ในรูปสมการ ดังนี้

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

หา $C_{รวม}$ แบบอนุกรม

$$\frac{1}{C_R} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

หา $C_{รวม}$ แบบขนาน

$$C_R = C_1 + C_2$$

ข้อคำถามข้อที่ 4

คำถาม 4.1 : จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนสามารถแสดงการแทนค่าตัวแปรในสมการได้
อย่างไร

คำตอบ

.....

.....

.....

ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 15 นาที	เหตุการณ์ที่ 4 ข้อคำถามที่ 4	ชื่อ-สกุล.....เลขที่..... โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p> <p>ตัวเก็บประจุ C_1, C_2 และ C_3 มีขนาดความจุ 4 ไมโครฟารัด , 12 ไมโครฟารัด และ 9 ไมโครฟารัด ตามลำดับ นำตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 มาต่อกันแบบอนุกรม และต่อขนานกับ C_3 โดยนำตัวเก็บประจุทั้ง 3 มาต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 100 V พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุมีค่ากี่จูล</p> <p>สามารถอธิบายให้อยู่ในรูปสมการ ดังนี้</p> <p>หา $C_{รวม}$ แบบอนุกรม</p> $\frac{1}{C_R} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $\frac{1}{C_R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12}$ <p>หา $C_{รวม}$ แบบขนาน</p> $C_R = C_1 + C_2$ $C_R = 3 + 9$ $U = \frac{1}{2} CV^2$ $= \frac{1}{2} (12 \times 10^{-6}) (100)^2$		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 4</p> <p>คำถาม 4.2 : จากสถานการณ์ข้างต้น จงแสดงวิธีการคำนวณหาค่าตัวแปรที่ต้องการ</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		

เวลาในการทำข้อนี้ 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 4	ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
เวลาสะสม 18 นาที	ข้อคำถามที่ 5	โรงเรียน.....
<p>สถานการณ์</p> <p>ตัวเก็บประจุ C_1, C_2 และ C_3 มีขนาดความจุ 4 ไมโครฟารัด , 12 ไมโครฟารัด และ 9 ไมโครฟารัด ตามลำดับ นำตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2 มาต่อกันแบบอนุกรม และต่อขนานกับ C_3 โดยนำตัวเก็บประจุ ทั้ง 3 มาต่อกับแบตเตอรี่ขนาด 100 V พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุมีค่าที่จูล</p> <p>สามารถแสดงวิธีทำ ดังนี้</p> <p>หา $C_{รวม}$ แบบอนุกรม</p> $\frac{1}{C_R} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ $\frac{1}{C_R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{12}$ $= 3\mu F$ <p>หา $C_{รวม}$ แบบขนาน</p> $C_R = C_1 + C_2$ $C_R = 3 + 9$ $= 12\mu F$ $U = \frac{1}{2} CV^2$ $= \frac{1}{2} (12 \times 10^{-6}) (100)^2$ $= 0.06J$		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 5</p> <p>คำถาม 5.1 : นักเรียนสามารถเขียนสรุปคำตอบและตรวจสอบหน่วยที่โจทย์ถามได้อย่างไร</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>คำถาม 5.2 : คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่อย่างไร</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p>		
<p>ข้อควรระวัง ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขอีก</p>		



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล ปาริฉัตร สินทร์พโยไพบูลย์
วัน เดือน ปี เกิด 2 กรกฎาคม 2535
ที่อยู่ปัจจุบัน 37 หมู่ 2 ตำบลไผ่สิงห์ อำเภอชุมแสง
จังหวัดนครสวรรค์ 60120
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ครู ค.ศ.1
ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2554 กศ.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยนเรศวร

