


การสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง  
โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

ไอลดา มงคลสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิจัย วัตถุประสงค์และสถิติการศึกษา  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
กรกฎาคม 2563  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ ไอลดา มงคลสุข ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัฒนผลและสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

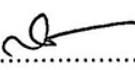
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

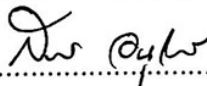
  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ปิ่นหุ่น)


  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีพร อนุศาสนนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธาน  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒนา หอมนูปผา)

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ปิ่นหุ่น)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีพร อนุศาสนนันท์)

  
.....กรรมการ  
(ดร.ชนาวุฒิ ลาตวงษ์)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัฒนผลและสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

  
..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาฯ ชีระวนิชตระกูล)

วันที่ 6 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2563

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ปั่นหุ่่น อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริพร อนุศาสนนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาหาความรู้และประสบการณ์ อย่างกว้างขวางในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบรวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการสำ นักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 และผู้อำนวยการโรงเรียนในจังหวัดระยอง ตลอดจนเพื่อนครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ สาขาวิชาวิจัย วัฒนผลและสถิตการศึกษ ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ ที่น่ารักที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ ต่าง ๆ และแลกเปลี่ยนความรู้ กับผู้วิจัยตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นอกจากนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ในภาควิชาที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำตลอดการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณอีกหลายท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณบุพการีที่อบรมสั่งสอน เป็นแรงผลักดันจนสามารถประสบความสำเร็จได้ ขอขอบคุณครอบครัวมงคลสุข และครอบครัวรองพล ที่คอยเป็นกำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา คุณค่า และประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูแก่เวทิตาแด่บุพการี บุรพอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบนานเท่าทุกวันนี้

ไอลดา มงคลสุข

58920710: สาขาวิชา: วิชา วัตถุประสงค์และสถิติการศึกษา; วท.ม. (วิชา วัตถุประสงค์และสถิติการศึกษา)

คำสำคัญ: แบบทดสอบวินิจฉัย/ วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ/ ฟิสิกส์/ การเคลื่อนที่

ไอลดา มงคลสุข: การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ (A DIAGNOSTIC TEST CONSTRUCTION OF PROBLEM SOLVING IN PHYSICS RECTILINEAR MOTION LEARNING THROUGH THE ATTRIBUTE HIERARCHY METHOD) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สมพงษ์ ปั้นหุ่น, ค.ศ., สุรีพร อนุศาสนนันท์, ค.ศ. 119 หน้า. ปี พ.ศ. 2563.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ และตรวจสอบคุณภาพด้านความยาก อำนาจจำแนก ความตรงตามเนื้อหาและความเที่ยง และ 3) เพื่อวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ตัวอย่างวิจัยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 360 คน และ 2) ครูฟิสิกส์ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 5 คน เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบบันทึกการสัมภาษณ์ แบบทดสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย การวิเคราะห์ เนื้อหา และคำนวณคะแนนเชิงวินิจฉัย โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเบย์ การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยใช้การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ ความยาก และอำนาจจำแนก โดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ ความตรงตามเนื้อหา และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยวิธีของฮอยท์

#### ผลการวิจัย

1. นักเรียนมีข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหา คือ 1) การอ่านและตีความโจทย์ 2) วิเคราะห์ความหมายสัญลักษณ์ของตัวแปรของโจทย์ 3) ปัญหาการคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยหน่วยการเรียนรู้ที่นักเรียนบกพร่องมากที่สุด คือ การเคลื่อนที่
2. การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยด้วยวิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ (Attribute hierarchy method) ได้คุณลักษณะจำนวน 7 คุณลักษณะ และได้ Reduced Q Matrix (Q<sub>r</sub>) ที่มีจำนวนข้อสอบ 13 ข้อ คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นมีค่าความยากระหว่าง (-7.86) - 0.61 และค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง 0.16 - 61.29 ความตรงตามเนื้อหาเท่ากับ 1.00 และค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยวิธีของฮอยท์เท่ากับ .97
3. ผลการวินิจฉัยข้อบกพร่องส่วนใหญ่พบว่า นักเรียนมีความรอบรู้อย่างชัดเจนในคุณลักษณะด้านความเข้าใจการอ่าน โจทย์ และนักเรียนขาดความรอบรู้มากที่สุดในคุณลักษณะด้านการหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

58920710: MAJOR: EDUCATIONAL RESEARCH, MEASUREMENT AND STATISTICS; M.Sc. (EDUCATIONAL RESEARCH, MEASUREMENT AND STATISTICS)

KEYWORDS: DIAGNOSTIC TEST/ ATTRIBUTE HIERARCHY METHOD/ PHYSICS/ MOTION

ILADA MONGKOLSUK: A DIAGNOSTIC TEST CONSTRUCTION OF PROBLEM SOLVING IN PHYSICS RECTILINEAR MOTION LEARNING THROUGH THE ATTRIBUTE HIERARCHY METHOD. ADVISORY COMMITTEE: SOMPONG PANHOON, Ph.D., SUREEPORN ANUSASANANAN, Ph.D. 119 P. 2019.

The objectives of this research were: 1) to analyze errors found in learning physics among grade 12 students, 2) to develop a physics problem-solving diagnostic test, using attribute hierarchy method, and to verify the quality of the test in terms of item difficulty, item discrimination, content validity and reliability, 3) to analyze the strengths and weaknesses of grade 12 students in solving physics problems concerning adding and subtracting fractions. Samples were divided into two groups: group 1 a total of 360 grade 12 students selected by simple random sampling; group 2 a total of 5 primary school physics teachers selected by purposive sampling. The instruments used for data collection consisted of interview record forms and the physics problem-solving diagnostic test. The data were analyzed with descriptive statistics and content analysis. The diagnostic score calculation was conducted based on applied Bayes' Theorem. The quality of the diagnostic test was verified through difficulty parameter analysis and discrimination, using 2 - parameter item response model, content validity and Hoyt's reliability.

The research results were;

1. Students showed errors in solving physics problems, namely: 1) reading and interpreting the problem, 2) analyzing the meaning of variable symbol in problem 3) problem in calculating various values. The unit that the students had errors most is motion.
2. The developed physics problem-solving diagnostic test using attribute hierarchy methods, has 7 hierarchy and Reduced Q Matrix (Qr) with 13 items. The diagnostic test has its item difficulty at  $(-7.86) - 0.61$ . The item discrimination is between  $0.16 - 61.29$ . The content validity is 1.00. Hoyt's reliability is 0.97.
3. The majority of defect diagnosis was that students have mastery in attribute of problem reading comprehension, but students lack of mastery in attribute of calculating acceleration of rectilinear motion.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	6
2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัย.....	7
ตอนที่ 2 โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ.....	20
ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา.....	28
ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัย.....	36
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	43
ตอนที่ 1 ศึกษารูปแบบข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.....	43
ตอนที่ 2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่อง การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ.....	45
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	50
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	50
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.....	51

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ตอนที่ 2 ผลการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่อง การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ.....	53
ตอนที่ 3 วิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง.....	75
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	81
สรุปผลการวิจัย.....	82
อภิปรายผล.....	84
ข้อเสนอแนะ.....	87
บรรณานุกรม.....	89
ภาคผนวก.....	94
ภาคผนวก ก.....	95
ภาคผนวก ข.....	97
ภาคผนวก ค.....	111
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	119

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2 - 1	เมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง คะแนนรวม และคุณลักษณะของผู้สอบ สำหรับ ผู้สอบจำนวน 15 คน จากพื้นฐาน โครงสร้างของลำดับชั้นในแผนภาพ C.....	25
4 - 1	ผลการสัมพัทธ์เกี่ยวกับข้อบกพร่องการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์.....	51
4 - 2	หน่วยการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่บกพร่องมากที่สุด.....	52
4 - 3	ตัวอย่างการถอดแบบการคิดจากโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง	54
4 - 4	คุณลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยตาม Reduced Q Matrix (Q).....	59
4 - 5	กำหนดแผนผังการสร้างข้อสอบ (Table of specification).....	62
4 - 6	เมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง คุณลักษณะของผู้สอบ.....	63
4 - 7	ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ.....	64
4 - 8	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบตามทฤษฎี การสอบแบบดั้งเดิม.....	68
4 - 9	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบความเป็นมิติเดียว (Unidimensional) ค่าสถิติ Kaiser - Meyer – Olkin (KMO) และค่าสถิติ Bartlett’s tes of Sphericity ของแบบสอบวินิจฉัย.....	69
4 - 10	จำนวนองค์ประกอบ ค่าไอแกน ค่าร้อยละความแปรปรวน และค่าร้อยละ ความแปรปรวนสะสมในแต่ละองค์ประกอบของแบบสอบวินิจฉัย.....	70
4 - 11	ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ รายข้อและค่าความคลาดเคลื่อน มาตรฐาน (SE) ของแบบสอบวินิจฉัย.....	71
4 - 12	ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบโมเดลการตอบสนองข้อสอบ.....	73
4 - 13	ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบ แบบ 2 พารามิเตอร์.....	73
4 - 14	ประมาณค่าความสามารถของเบย์.....	74
4 - 15	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องรูปแบบการตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected response patterns) กับรูปแบบการตอบข้อสอบจริง (Actual item response patterns) ด้วยดัชนี HCI <sub>i</sub> (The Hierarchy Consistency Index) .....	75



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4 - 16	ผลวิเคราะห์จุดอ่อนจุดแข็งการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนว เส้นตรงโดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.....	77
4 - 17	จำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะ.....	78
ข - 1	เฉลยคำตอบของแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่ แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ.....	109
ค - 1	เมทริกซ์ Q (Incidence matrix) ขนาด 7 x 127.....	112
ค - 2	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องรูปแบบการตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected response patterns) กับรูปแบบการตอบข้อสอบจริง (Actual item response patterns) ด้วยดัชนี HCI <sub>i</sub> รายบุคคล.....	114

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 - 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
1 - 2 โครงสร้างของลำดับชั้น.....	21
4 - 1 โมเดลลำดับชั้นของคุณลักษณะ โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนว เส้นตรง.....	57
4 - 2 ค่าไอแกน (Eigan value) ของแบบสอบวินิจัย.....	70
4 - 3 ฟังก์ชันสารสนเทศตามระดับความสามารถของผู้สอบ.....	72

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญทั้งในปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับ การใช้ชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ และ ผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ ที่ศึกษาธรรมชาติทั้งสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต รวมทั้งกระบวนการประมวลความรู้เชิงประจักษ์ ที่เรียกว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติ และการฝึก ความนึกคิดคิดอย่างมีระบบ ซึ่งก่อให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญา (สถาบันการส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2520) วิทยาศาสตร์เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ให้มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรม ด้วย การลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551) วิชาฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งในวิทยาศาสตร์ ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างสสารกับพลังงาน ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ มีกฎ ทฤษฎี การทดลอง ที่ต้องใช้ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเป็นความรู้พื้นฐานที่นำไปใช้ในการพัฒนา เทคโนโลยีเกี่ยวกับการผลิต และเครื่องใช้ต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่มนุษย์ ในการจัด การเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ มีเป้าหมายให้นักเรียนมีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา แต่การเรียน การสอนเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ผ่านมายังมีข้อบกพร่อง สาเหตุเนื่องมาจาก นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ และนักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเกี่ยวกับ การแก้โจทย์ปัญหา (เจษฎ์สุดา จันทรเอี่ยม, 2542) ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลง ส่งผลให้การเรียนการสอน ไม่บรรลุวัตถุประสงค์และยังกระทบต่อคุณภาพการศึกษา โดยรวมอีกด้วย (คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2553)

เมื่อสำรวจผลการทดสอบระหว่างชาติในรายวิชาวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ปี 2555-2560 โดยมีคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ 33.10, 30.48, 32.54, 33.40, 31.62, 29.37 ตามลำดับ คะแนนที่ได้ ก่อนข้างต่ำอยู่ในระดับที่ควรปรับปรุง สาระแรงและการเคลื่อนที่เป็นสาระที่อยู่ในการสอบ วิชาวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ 24.56, 28.11, 30.38, 27.60, 24.78, 29.84 โดยจังหวัดระยอง มีคะแนนเฉลี่ย ดังนี้ 34.35, 32.00, 34.73, 33.55, 33.14, 31.76 ซึ่งสาระที่มีคะแนนค่อนข้างต่ำ คือ

สาระแรงและการเคลื่อนที่เป็นสาระที่มีเนื้อหาในรายวิชาฟิสิกส์ แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจเนื้อหาฟิสิกส์ อาจเกิดเพราะวิชาฟิสิกส์มีเนื้อหาที่ซับซ้อน ต้องอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ มาใช้ หลักการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณ การตีความ การสรุปความ และการคิดวิเคราะห์ นักเรียนอาจมีมโนทัศน์ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือมองไม่เห็นภาพ จะเห็นได้ว่า เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง เป็นอีกเนื้อหาในรายวิชาฟิสิกส์ที่ค่อนข้างซับซ้อน ยากที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจและส่งผลให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนมาก การวินิจฉัยหาสาเหตุ จะเป็นวิธีการพัฒนากระบวนการคิดแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง การวินิจฉัยจึงมีบทบาทสำคัญที่จะแก้ปัญหา ซึ่งการประเมินแบบวินิจฉัย เป็นการตรวจสอบข้อบกพร่องของผู้เรียนเป็นรายบุคคลด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้น คือ แบบสอบวินิจฉัยเป็นแบบสอบที่ใช้ค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยมุ่งที่จะทำการสอนซ่อมเสริม และให้การแนะแนวซึ่งจะทำให้ชี้ให้เห็นถึงจุดอ่อนหรือจุดบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคลในแต่ละส่วนย่อย ๆ ของแบบทดสอบนั้น (Brown, 1970) โดยข้อมูลที่ได้จากการวินิจฉัยจะเป็นแนวทางให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนได้เหมาะสมกับนักเรียน หรือจัดสอนซ่อมเสริมให้กับนักเรียนที่มีปัญหาในการเรียนเรื่องนั้น เพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จ ในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Nichols, 2009)

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินเชิงวินิจฉัย พบว่ามีการสร้างแบบสอบวินิจฉัยจำนวนมาก ซึ่งใช้รูปแบบแนวคิด ขั้นตอนการสร้างข้อสอบ เนื้อหาสาระที่มีลักษณะเหมือนกัน มีข้อสอบจำนวนมาก ขั้นตอนของการเรียงลำดับของเนื้อหาไม่ชัดเจน อาจจะทำให้ผลการวินิจฉัยคลาดเคลื่อน แต่ปัจจุบันนี้นักการศึกษาได้ให้สนใจในการนำแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญา (Cognitive theory) มาใช้ในการวินิจฉัยอย่างกว้างขวาง ความเกี่ยวข้องระหว่างแนวคิดทฤษฎีทางพุทธิปัญญา โดยเฉพาะจิตวิทยาด้านพุทธิปัญญา และการวัดทางจิตมิติแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน ซึ่งแนวคิดดังกล่าวเป็นที่ยอมรับจากนักวิจัยจำนวนมาก เนื่องจากแบบทดสอบมีพื้นฐานมาจากการแก้ปัญหาทางพุทธิปัญญา (Cognitive problem solve task) จึงเริ่มมีการนำวิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method: AHM) และ โมเดลข้อสอบ (Item model) มาใช้ในการสร้างแบบสอบและข้อสอบ เช่น ตัวอย่างงานวิจัยที่หนึ่ง การพัฒนาคู่มือการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สำหรับครูประถม โดยใช้โมเดลข้อสอบและวิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะของ ปรรณนา พลอภิชาติ (2556) ได้นำเสนอการสร้างแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนด้วยวิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ (Attribute hierarchy method) และ โมเดลข้อสอบ (Item model) ซึ่งเป็นการแก้ข้อจำกัดด้านการนำคุณลักษณะหรือความรู้ที่ใช้แก้ปัญหามาสร้างเป็น โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ ซึ่งเป็นการสร้างแบบสอบวินิจฉัย

แนวใหม่ที่มีจำนวนข้อสอบน้อย แต่สามารถวัดได้ครอบคลุมทุกสาระ โดยกำหนดขั้นตอนหลัก 6 ขั้นตอน ขั้นตอนที่หนึ่ง กำหนดและเรียงลำดับคุณลักษณะ ขั้นตอนที่สองสร้าง โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะ (Attribute hierarchy model) ขั้นตอนที่สามสร้างเมทริกซ์กำหนดคุณลักษณะของข้อสอบ (Q - matrix) ขั้นตอนที่สี่สร้างแบบสอบตาม Q - matrix ขั้นตอนที่ห้าคำนวณคะแนนเชิงวินิจฉัยเป็นรายคุณลักษณะ และขั้นตอนที่หกสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้โมเดลข้อสอบ ตัวอย่างงานวิจัยที่สองการพัฒนาวิธีวินิจฉัยทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ โดยใช้โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ: การทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ของ ทิพย์ จำอยู่ (2556) ได้นำเสนอ การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ 1) การพัฒนาชุดของข้อสอบ แบบทดสอบแบบเขียนตอบบนกระดาษคำตอบ และคลังข้อสอบ 2) การพัฒนาชุดของข้อสอบและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประเมินเชิงวินิจฉัย 3) การประเมินเชิงวินิจฉัยสถานะความรู้และแบบการคิดที่ผิดในการบวกลบเศษส่วน และ 4) การศึกษาคุณภาพและความคิดเห็นที่มีต่อวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นผลการวิจัยพบว่า วิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นสามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์จากแนวคิดทฤษฎีทางพุทธิปัญญาและทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ในการประเมินเชิงวินิจฉัยทางการศึกษาได้อย่างมีคุณภาพ

จากข้างต้นจะพบว่าการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยโดยใช้โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ (Attribute hierarchy model) ยังไม่ได้รับความนิยมในประเทศไทย และพบสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และการวินิจฉัยทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ ซึ่งยังขาดเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ที่อธิบายขั้นตอนลำดับการสร้าง หรือใช้เป็นข้อสอบต้นแบบ การสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะเป็นการสร้างแบบสอบที่ลดจำนวนข้อสอบ มีขั้นตอนในการสร้างแบบสอบที่ชัดเจน และได้ผลการวินิจฉัยที่แม่นยำ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจวิธีการวินิจฉัยแนวใหม่โดยการนำโมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ (Attribute hierarchy model) มาใช้ในสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อบกพร่อง จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียนที่พบในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และนำแบบสอบให้ครูสามารถนำไปใช้วินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนในระดับชั้นเรียนได้

### คำถามวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีข้อบกพร่องในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงอย่างไร

2. แบบสอบวินิจฉัยโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ควรมีลักษณะอย่างไร และมีคุณภาพของแบบทดสอบด้านค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความตรง และความเที่ยงอยู่ในระดับใด
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีจุดอ่อนและจุดแข็ง ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงด้านใดและอย่างไร

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ และตรวจสอบคุณภาพ ด้านค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความตรงตามเนื้อหาและความเที่ยง
3. เพื่อวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

### ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหา วิชาฟิสิกส์ โดยใช้โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดระยอง มีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

#### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมัธยมศึกษา ในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดระยอง จำนวน 8 อำเภอ 19 โรงเรียน ดังนี้ โรงเรียน วัดป่าประดู่ โรงเรียนระยองวิทยาคม โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา โรงเรียนแพรกษมาตาวิทยา โรงเรียนมาบตาพุดพันพิทยาคาร โรงเรียนระยองวิทยาคมนิคมอุตสาหกรรม โรงเรียน ระยองวิทยาคมปากน้ำ โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ระยอง โรงเรียนบ้านค่าย โรงเรียนปลวกแดงพิทยาคม โรงเรียนนิคมวิทยา โรงเรียนแกลง(วิทย์สถาวร) โรงเรียนห้วยยางศึกษา โรงเรียนวังจันทร์วิทยา โรงเรียนเขาชะเมาวิทยา โรงเรียนชานาญสามัคคีวิทยา โรงเรียน สุนทรภู่พิทยา โรงเรียนมกุฎเมืองราชวิทยาลัย และ โรงเรียนท่าเรือพิทยาคม รวมจำนวน นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั้งหมด 3,486 คน

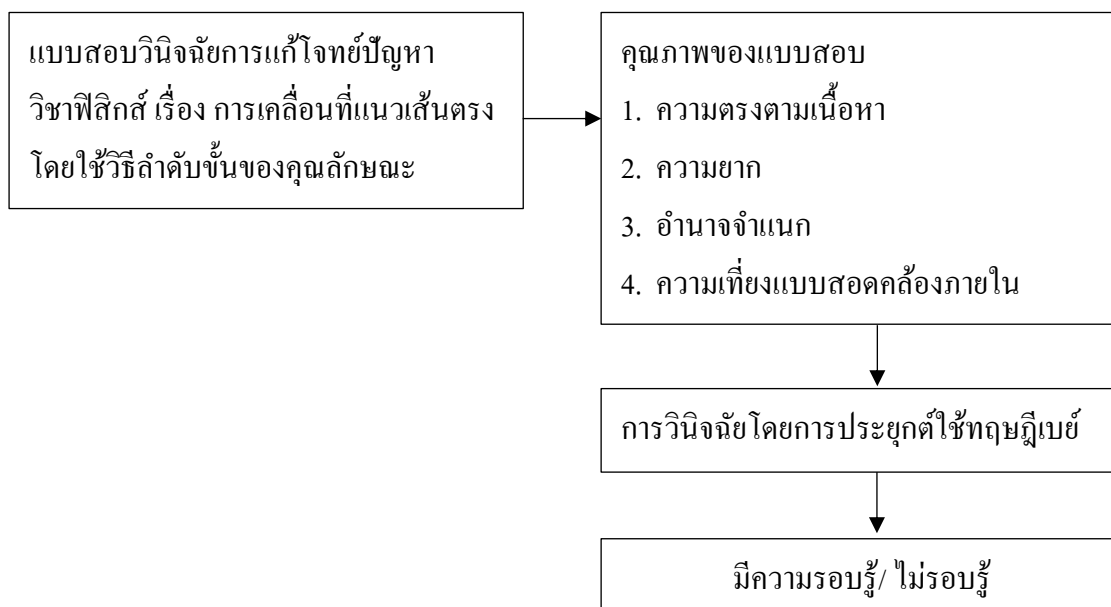
## เนื้อหา

1. เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้โมเดลลำดับชั้นของคุณลักษณะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดระยอง มีดังนี้ 1) การกระจัด 2) ระยะทาง 3) ความเร็ว 4) อัตราเร็ว และ 5) ความเร่ง ซึ่งเป็นเนื้อหาที่สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2. การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Model: AHM) (Leighton & Gierl, 2007)

## กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบวินิจฉัย ได้นำมาจัดทำเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัย เรื่อง การสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยยึดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ผู้วิจัยเขียนกรอบแนวคิดตามแผนภาพ ดังนี้



ภาพที่ 1 - 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## นิยามศัพท์เฉพาะ

**โจทย์ปัญหาฟิสิกส์** หมายถึง สถานการณ์ คำถาม หรือเงื่อนไขต่าง ๆ ซึ่งบุคคล  
ต้องใช้ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์มากำหนดแนวทางและวิธีหาคำตอบ

**แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์** หมายถึง แบบสอบที่สร้างตามวิธี  
ลำดับขั้นของคุณลักษณะ เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อบกพร่องของนักเรียนในแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง  
การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

**คุณลักษณะในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์** หมายถึง ความรู้ ทักษะ ความสามารถ  
หรือวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ได้แก่ ความเข้าใจ การวางแผน การอ่าน  
การตีความ การย่อความ การสรุปความ และการคำนวณ

**ลำดับขั้นคุณลักษณะในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์** หมายถึง การกำหนดลักษณะ  
ความสัมพันธ์ที่เป็นลำดับขั้นก่อนและหลังของคุณลักษณะที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์  
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยประยุกต์ใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

## ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

การสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการทำวิจัยครั้งนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

1. ได้แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6  
ที่สามารถวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง  
สำหรับนำไปใช้วินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อจะช่วยพัฒนานักเรียนได้ตรงจุด
2. เพื่อใช้เป็นแนวทางการสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ  
(Attribute Hierarchy Model: AHM) ในวิชาฟิสิกส์เนื้อหาอื่น ๆ สำหรับครูผู้สอนต่อไป
3. ได้ผลการวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาที่สามารถวิเคราะห์ข้อบกพร่อง จุดอ่อน  
และจุดของนักเรียน เพื่อให้ครูใช้เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอน นำไปพัฒนานักเรียน  
ได้อย่างเหมาะสม



## บทที่ 2

### เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่พบในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ และให้มีคุณภาพ ด้านค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความตรงและความเที่ยง โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยโดยใช้วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ และการวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยนำเสนอเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัย

ตอนที่ 2 โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute hierarchy model: AHM)

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา

ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัย

#### ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัย

##### ความหมายของการวินิจฉัย

การวินิจฉัย หมายถึง การไต่ตรอง การใคร่ครวญหรือการตัดสินใจขาด (ราชบัณฑิตยสถาน, 2546) การวินิจฉัยในการศึกษามีการนิยามความหมายที่แตกต่างกัน หลายความหมาย ขึ้นอยู่กับมุมมองที่แตกต่างกันของผู้นิยาม แต่นิยามส่วนใหญ่ของการวินิจฉัย ทางการศึกษา เช่น การนิยามทางคลินิกให้คำนิยามการวินิจฉัยจากการตรวจร่างกายว่าเป็น การประเมินผลที่เอาสารสนเทศที่ได้ไปใช้เพื่อกำหนดโอกาสจากเงื่อนไขที่เป็นไปได้สูงสุด ในแต่ละประเด็นที่สนใจ (Ketterlin Geller & Yovanoff, 2009, p. 1) แต่ในทางตรงข้ามกันนั้น การวินิจฉัยในทางการเรียนการสอนให้คำนิยามว่า การวินิจฉัยเป็นการประเมินผลที่ให้สารสนเทศ เกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกี่ยวกับความรอบรู้ในเรื่องความรู้และทักษะในขอบเขตที่กำหนดไว้ หรือนักเรียนเข้าใจผิดเกี่ยวกับเนื้อหาหรือแนวคิดที่ครูสอน และครูสามารถใช้สารสนเทศนี้เพื่อปรับปรุง การเรียนการสอน โดยการระบุสิ่งที่นักเรียนรอบรู้และไม่รอบรู้ ซึ่งจะส่งผลให้ครูต้องทำแผนการสอน ที่ต่างกัน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน (Ketterlin Geller & Yovanoff 2009, p. 1 อ้างอิงจาก Fuchs, Fuchs, Hosp & Hamlett, 2003) ความหมายของการวินิจฉัยที่ให้ โดยนักการศึกษา สรุปได้ดังนี้

Cohen and Smith (1990) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการกระทำหรือกระบวนการในการจำแนกหรือกำหนดความผิดปกติ โดยการตรวจพิจารณาหรือการทดสอบ

Hopkins and Antes (1990) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการจำแนกสถานะที่ไม่ดีหรือไม่เป็นไปตามที่ต้องการในลำดับการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนให้ดีขึ้น

Gregory (1992) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการกำหนดลักษณะที่เป็นอยู่หรือแหล่งของพฤติกรรมที่ไม่ปกติเพื่อจำแนกแบบแผนของพฤติกรรมตามระบบการวินิจฉัยที่ได้รับการยอมรับ

Gipp (1995) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการระบุปัญหาเฉพาะที่มีต่อความคิดหรือทักษะของนักเรียนแต่ละบุคคล

Hornby and Sydney (2005) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการค้นหาหรือการพิสูจน์เพื่อหาสาเหตุของสิ่งที่ทำให้เกิดสภาพที่ไม่ดีหรือสภาพที่เป็นปัญหา

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า การวินิจฉัย หมายถึง การค้นหา ใคร่ครวญ ประเมินผลในเรื่องของความรู้ ทักษะ หรือจำแนกความผิดปกติ

### **ประเภทของการวินิจฉัย**

Underhill (1972) ได้จำแนก ประเภทของการวินิจฉัยตามระดับความละเอียดในการวินิจฉัย เป็น 3 ประเภท ดังนี้

#### **1. การวินิจฉัยแบบทั่วไป (General diagnosis)**

การวินิจฉัยแบบทั่วไปเป็นการวินิจฉัยระดับทั่วไป (General level) ขึ้นการสำรวจเพื่อทราบระดับความสามารถทั่ว ๆ ไป ของนักเรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบทั้งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐาน อาจใช้การวินิจฉัย โดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปกติ (Norm) ซึ่งจะช่วยให้ทราบข้อบกพร่องในด้านต่าง ๆ ของนักเรียนอย่างกว้าง ๆ

#### **2. การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์ (Analytical diagnosis)**

การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์เป็นการวินิจฉัยระดับเฉพาะ (Specific level) โดยการเก็บรวบรวม ข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียนเพื่อทราบข้อบกพร่องของนักเรียนในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เครื่องมือที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบที่มีเนื้อหาเฉพาะเจาะจงในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์มักดำเนินการภายหลังจากการวินิจฉัยแบบทั่วไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดที่ลึกซึ้งมากขึ้น

#### **3. การวินิจฉัยแบบคลินิก (Clinical diagnostic)**

การวินิจฉัยแบบคลินิกเป็นการวินิจฉัยระดับละเอียดลึกซึ้ง (Intensive level) เพื่อให้เห็นถึงสาเหตุของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่พบในตัวผู้เรียนซึ่งอาจมีความซับซ้อน ดังนั้น การใช้ข้อมูล

จากแหล่งข้อมูลเดียวจึงไม่เพียงพอ จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลจากหลายแหล่งประกอบกัน เช่น การใช้ข้อมูลจากแบบทดสอบ ประกอบการสัมภาษณ์ การสังเกต การศึกษาสภาพครอบครัว เป็นต้น

การสร้างแบบสอบวินิจฉัยในงานวิจัยนี้ เป็นการวินิจฉัยแบบวิเคราะห์ ซึ่งเป็นการวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนเพื่อทราบข้อบกพร่อง เฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เพื่อหาข้อบกพร่องเจาะจงในเรื่องนั้น ๆ

#### ความหมายของแบบสอบวินิจฉัย

ศิริเดช สุชีวะ (2550, หน้า 258) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่าเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาข้อบกพร่องจุดอ่อน หรือจุดด้อยของผู้เรียนทั้งในทางวิชาการและทางด้านจิตใจว่าผู้เรียนมีความสามารถในเรื่องใด และ ผู้เรียนมีผลการเรียนที่ไม่ดี เนื่องจากสาเหตุใด แบบทดสอบวินิจฉัยนี้เป็นประโยชน์ ทางวิชาการและสามารถตรวจสอบความผิดปกติทางด้านร่างกายและจิตใจได้ด้วย

บุญชม ศรีสะอาด (2553, หน้า 35) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่าแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้น เพื่อให้เห็นข้อบกพร่องที่เป็นปัญหา หรืออุปสรรคในการเรียนของนักเรียนแต่ละคน เพื่อจะหาทางแก้ไขได้ อันจะทำให้สามารถช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนหรือเกิดการเรียนรู้ได้เหมือนคนอื่น

อมรทิพย์ พึ่งเพียร (2555, หน้า 10) กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยว่าเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาข้อบกพร่องและสาเหตุของข้อบกพร่องในการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อให้ครูผู้สอนนำไปใช้ปรับปรุงการเรียนการสอน โดยการสอนซ่อมเสริมเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนได้ถูกต้องและตรงจุดสามารถบรรลุจุดประสงค์ในการเรียน หรือเกิดการเรียนรู้

ปรารธนา พลอภิชาติ (2556, หน้า 7) การระบุข้อบกพร่องของพฤติกรรม ความคิด หรือสิ่งที่ผิดปกติในตัวบุคคลด้วยวิธีการทดสอบที่เหมาะสม เพื่อแก้ไขหรือปรับปรุงพฤติกรรมที่ผิดปกตินั้น

วิสารรัตน์ วงศกร (2556, หน้า 9) กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้น เพื่อค้นหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละเนื้อหาล่อยให้ครูได้ใช้เป็นสารสนเทศในการปรับปรับการเรียนการสอน นำไปสู่การแก้ไขข้อบกพร่องได้อย่างตรงประเด็น และมีประสิทธิภาพ

ปิยะธิดา ปัญญา (2558, หน้า 11) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่าเป็นแบบทดสอบที่ใช้วินิจฉัยหาจุดแข็งและจุดอ่อนของนักเรียน โดยทั่วไปจะใช้เพื่อหาข้อบกพร่องในด้านทักษะหรือความสามารถ เช่น แบบทดสอบที่ใช้สำหรับระบุหาปัญหาในการเรียน ส่วนใหญ่แล้วแบบทดสอบวินิจฉัยจะออกแบบมาเพื่อให้สามารถวัดคุณลักษณะนั้น ๆ ได้อย่างลึกซึ้ง

จนสามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ ถ้านำแบบทดสอบวินิจฉัยมาใช้สำรวจความบกพร่องของนักเรียนก่อนที่จะจัดการเรียนการสอน เพื่อตรวจสอบความพร้อมของนักเรียนก่อนเรียน แบบทดสอบนี้ก็เป็นแบบทดสอบสำหรับวินิจฉัยก่อนเรียน

ประกาย เครือเนตร (2558, หน้า 14) กล่าวว่า สรุบบนแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ค้นหาจุดบกพร่องและสาเหตุในการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งผลจากแบบทดสอบทำให้ครูทราบว่า นักเรียนคนใดมีจุดบกพร่องในการเรียนเรื่องใด แล้วสามารถนำสาเหตุหรือจุดบกพร่องนั้น ๆ ไปเป็นแนวทางในการแก้ไขและจัดวิธีการสอนซ่อมเสริมได้ตรงจุด

กมลรัตน์ นักพรษา (2559, หน้า 35) กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาข้อบกพร่องหรือจุดอ่อน และสาเหตุของความบกพร่องของทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญของนักเรียนเป็นรายบุคคล ช่วยให้ครูสามารถปรับเปลี่ยนวิธีการสอนของตนเองได้อย่างเหมาะสมและซ่อมเสริมนักเรียน ได้ตรงกับข้อบกพร่องซึ่งเป็นการแก้ไขข้อบกพร่องได้ตรงจุด

ณัฐวิภา สุดแท้ (2559, หน้า 14) กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นใช้ทดสอบเพื่อค้นหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละเนื้อหาย่อย ๆ เพื่อนำไปสู่การแก้ไข จุดบกพร่องเหล่านั้นได้อย่างตรงจุดและเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอน อันจะทำให้สามารถช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนหรือเกิดการเรียนรู้ได้เหมือนคนอื่นต่อไป

สุชานาฏ คำพินนท (2559, หน้า 9) กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นในการค้นหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคน ในแต่ละเนื้อหาย่อย ๆ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านั้นได้อย่างตรงจุดและเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนต่อไป

จากการให้ความหมายของนักการศึกษาสรุปได้ว่า แบบทดสอบวินิจฉัย หมายถึง การหาข้อบกพร่อง จุดเด่น จุดด้อยของพฤติกรรม โดยใช้วิธีการทางการทดสอบเพื่อปรับปรุงพัฒนา

#### **ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย**

ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย มีผู้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย ไว้ ดังนี้

บลูม (Bloom, 1971, pp. 91 - 92 อ้างถึงใน สุพรรณิ ภริมยภักดี, 2541, หน้า 9) กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยว่า

1. เป็นแบบทดสอบเพื่อหาข้อบกพร่องของนักเรียนเกี่ยวกับทักษะพื้นฐาน เพื่อหาระดับความรู้ของนักเรียน นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ต่อครูในด้านปรับปรุงวิธีสอนและเพื่อหาสาเหตุของความบกพร่องทางการเรียนของนักเรียน เพื่อทำการสอนซ่อมเสริมในจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ กันของนักเรียนจำนวนมาก

2. ใช้เมื่อนักเรียนได้เรียนบทเรียนแต่ละบทเสร็จสิ้นลงแล้ว
3. ใช้ประเมินผลได้ทั้งพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain)

ด้านจิตพิสัย (Affective domain) และด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain)

4. แบบทดสอบวินิจฉัยประกอบด้วยกลุ่มข้อสอบจำนวนมาก ๆ และเป็นข้อสอบที่ง่าย โดยแต่ละข้อมีค่าความยากตั้งแต่ .65 ขึ้นไป

5. การประเมินผลคะแนนจากแบบทดสอบอาจใช้ทั้งแบบอิงกลุ่มและแบบอิงเกณฑ์

6. วิธีการรายงานคะแนนจะอยู่ในรูปเส้นภาพ (Profile) ของคะแนนของ

นักเรียนแต่ละคนในแต่ละทักษะย่อย

Ahmann and Clock (1967, pp. 364 - 365 อ้างถึงใน สมุณี โชคสมุทร, 2535, หน้า 8 - 9)

ได้กล่าวถึง ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ดังนี้

1. แบบทดสอบวินิจฉัยต้องมีความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เป็นสำคัญ

2. เกณฑ์โดยปกติไม่มีความสำคัญในแบบทดสอบวินิจฉัย

3. แบบทดสอบวินิจฉัยต้องประกอบด้วยกลุ่มของข้อสอบที่เกิดจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเป็นรายข้อ แล้วรวบรวมข้อสอบของนักเรียนที่เป็นปัญหาไว้เพื่อค้นหาจุดบกพร่องต่อไป

4. แบบทดสอบวินิจฉัยใช้เพื่อแก้ไขปัญหาทางการเรียนให้กับนักเรียนที่มีคะแนนต่ำจากแบบทดสอบเพื่อสำรวจ (Survey test)

อนันต์ ศรีโสภณ (2515, หน้า 159 อ้างถึงใน วิศา ช่อน้ำ, 2551, หน้า 22) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องว่า เป็นแบบทดสอบที่มีจำนวนข้อมาก ๆ ในแต่ละเนื้อหาวิชาที่มีการทดสอบวัตถุประสงค์ของการทดสอบเพื่อค้นหาสาเหตุของความยาก และปัญหาต่าง ๆ ในการเรียนจึงพิจารณาเฉพาะคำตอบของข้อสอบแต่ละข้อหรือกลุ่มของข้อสอบส่วนคะแนนรวมมีความสำคัญน้อยมาก การทดสอบประเภทนี้จึงไม่สนใจคะแนนรวมส่งผลให้การเรียนได้สำเร็จ

ศิริเดช สุชีวะ (2537 อ้างถึงใน กฤษรัตน์ วิทยาเวช, 2551, หน้า 17) ได้ทำการศึกษา ลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยแล้วสรุปลักษณะที่สำคัญ 8 ประการ ดังนี้

1. เป็นแบบสอบที่ใช้สำหรับค้นหาข้อบกพร่อง และสาเหตุของข้อบกพร่องทางการเรียนเป็นเรื่อง ๆ ไป

2. ต้องครอบคลุมเนื้อหาโดยเน้นจุดประสงค์ที่สำคัญตามหลักสูตร

3. แบ่งออกเป็นแบบสอบย่อย หรือแบ่งออกเป็นหลาย ๆ ตอน ตามลำดับขั้น

การเรียนรู้อย่างเป็นระบบ

4. ข้อสอบจำนวนมากที่ผ่านการวิเคราะห์เนื้อหาอย่างละเอียด เรียงตามลำดับชั้นของจุดประสงค์

5. ข้อสอบแต่ละข้อต้องตอบสนองสภาพการณ์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด สามารถแสดงให้เห็นถึงกระบวนการคิดของนักเรียนอย่างเพียงพอที่จะค้นคว้า วิเคราะห์อุปสรรค และความเข้าใจผิดในการเรียน

6. เป็นแบบสอบที่ไม่กำหนดเวลา ไม่จำเป็นต้องสร้างเกณฑ์ปกติแต่ต้องกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำที่เหมาะสม เพื่อจะได้นำคะแนนจากการสอบมาเปรียบเทียบเกณฑ์ขั้นต่ำ และตัดสินใจว่านักเรียนมีความบกพร่องทางด้านใด

7. มุ่งวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเป็นรายข้อ หรือกลุ่มข้อสอบในแต่ละด้าน

8. ต้องวัดได้ทั้งข้อบกพร่องทางการเรียนที่ผ่านมา และวัดความก้าวหน้าทางการเรียนพร้อมกับค้นหาสาเหตุ

สุภารัตน์ มนต์นิมิต (2545, หน้า 15) ได้สรุปลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยไว้ดังนี้

1. เป็นแบบสอบที่ใช้ทดสอบระหว่างการเรียนการสอน

2. การสอบวินิจฉัยไม่ได้คำนึงถึงคะแนนจากการสอบเพียงอย่างเดียว แต่จะพิจารณาถึงรายละเอียดต่าง ๆ จากผลงานนักเรียนประกอบด้วย เพื่อเป็นแนวทางในการจัดโครงการสอนซ่อมเสริม

3. คำถามมักเป็นคำถามที่ค่อนข้างง่าย

4. สามารถช่วยให้ครูผู้สอนวินิจฉัยนักเรียนเป็นรายบุคคลได้ว่า ใครมีสมรรถภาพเด่นหรือด้อยในด้านใดบ้าง เพื่อครูจะได้ช่วยแก้ไขปัญหานักเรียนได้ตรงจุดยิ่งขึ้น

5. เป็นแบบสอบที่สร้างขึ้นเพื่อหาจุดบกพร่อง หรือจุดอ่อนในการเรียนแต่ละวิชาของนักเรียนเป็นเรื่อง ๆ หรือด้าน ๆ ไป

6. มีจุดมุ่งหมายเพื่อค้นหาความบกพร่องในการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคลหาความบกพร่องในแต่ละด้าน

Gronlund (1976, p. 139) ได้กล่าวถึง ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ว่ามีลักษณะดังนี้

1. ยึดความบกพร่องในการเรียนเป็นกรอบในการวัด
2. ความบกพร่องที่จะวัดเป็นความบกพร่องเฉพาะเรื่อง
3. ข้อสอบมีลักษณะง่าย
4. ใช้ทดสอบระหว่างการเรียนการสอน

5. สร้างขึ้นเพื่อหาข้อบกพร่องในการเรียน

6. นำผลไปใช้ในการพิจารณาจัดการสอนซ่อมเสริม

โชติ เพชรชื่น (2544, หน้า 7) ได้กล่าวถึง ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ ดังนี้

1. มุ่งวัดความสามารถหรือทักษะในเรื่องหนึ่งเป็นการเฉพาะ

2. แบ่งเป็นส่วน ๆ หรือเป็นฉบับย่อย ๆ การแบ่งเป็นส่วนหรือฉบับย่อยขึ้นอยู่กับ

ลักษณะความสามารถหรือทักษะแต่ละอย่าง ซึ่งมีองค์ประกอบไม่เหมือนกัน

3. จำนวนข้อสอบในแต่ละส่วน หรือในฉบับย่อยมีจำนวนข้อมากพอที่จะ

วัดความสามารถ หรือทักษะย่อย ได้ด้วยความมั่นใจ

4. มีเกณฑ์คะแนนขั้นต่ำไว้สำหรับเทียบ เพื่ออธิบายถึงความบกพร่อง

แต่ละความสามารถและทักษะ

5. เน้นความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นสำคัญ

6. ตรวจสอบค่าตอบแยกเป็นส่วน ๆ หรือแยกแต่ละทักษะย่อยของนักเรียนเป็นรายบุคคล

จากลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียน

กมลรัตน์ นักพรษา (2559, หน้า 42) ได้สรุป ลักษณะที่สำคัญของแบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนว่า แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นแบบทดสอบที่ง่าย และไม่จำเป็นที่จะต้องสร้างเกณฑ์ปกติ (Norms) แต่ต้องกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำ (Low criteria) ที่เหมาะสมเพื่อเปรียบเทียบตัดสินว่านักเรียนคนใดมีข้อบกพร่องทางด้านใด

กัญวลัญช์ จิตรดี (2559, หน้า 20) ได้กล่าวสรุป ลักษณะที่สำคัญของแบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนดังต่อไปนี้

1. เป็นแบบทดสอบที่แบ่งออกเป็นแบบสอบย่อย ๆ หลายตอน แต่ละตอน

วัดเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มีจุดมุ่งหมายที่จะทดสอบให้ครอบคลุมถึงเนื้อหาที่สำคัญ ๆ ขอบเขตของเนื้อหา

มี 2 ลักษณะ คือ แบบทดสอบวินิจฉัยที่ยึดระดับชั้นเป็นหลัก เช่น แบบสอบวินิจฉัย เรื่อง การบวก

สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และแบบทดสอบวินิจฉัยทักษะการคิดคำนวณเบื้องต้นเกี่ยวกับการ

การบวกทำให้วินิจฉัยได้ว่านักเรียนมีความบกพร่องในเรื่องใด และมีสาเหตุใดเพื่อจะได้ช่วยแก้ไข

ความบกพร่อง นี้ให้ตรงจุด

2. เนื้อหาของแบบทดสอบครอบคลุมทุกแง่มุมของคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะการคิด

คำนวณ ความหมายและนามธรรมกระบวนการคิดคำนวณ การคิดในใจ

3. เป็นแบบทดสอบที่ง่าย และมีจำนวนมากข้อ

4. เป็นแบบทดสอบที่เน้นความตรงตามเนื้อหา (Content validity) เป็นสำคัญ

5. ข้อสอบได้มาจากการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างละเอียดและการศึกษาสิ่งที่เด็กมักทำผิด ส่งผลให้ข้อสอบแต่ละข้อสามารถสืบค้นหาสาเหตุของการตอบข้อสอบผิดได้

6. ไม่จำกัดเวลาในการสอบ การสอบใช้สอบเมื่อเรียนแต่ละบทเสร็จสิ้นแล้ว

7. ไม่มีการสร้างเกณฑ์ปกติ

8. นำผลไปใช้พิจารณาจัดการสอนซ่อมเสริม

จากการศึกษาลักษณะของแบบสอบวินิจัย ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์สาระสำคัญเกี่ยวกับลักษณะของแบบสอบวินิจัย สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เป็นแบบสอบที่ใช้หาข้อบกพร่องของนักเรียน ประเมินผลได้ทั้งพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ด้านจิตพิสัย (Affective domain) และด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain)

2. แบบสอบวินิจัยเป็นแบบสอบที่ใช้เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาต่าง ๆ

3. แบบสอบวินิจัยเป็นข้อสอบที่ไม่กำหนดเวลา

4. เป็นข้อสอบที่มีลักษณะง่าย และมีจำนวนมาก

5. เป็นข้อสอบที่วัดได้อย่างละเอียดและมีความครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญ

#### เทคนิคการสร้างแบบสอบวินิจัย

บุญชม ศรีสะอาด (2535, หน้า 29 อ้างถึงใน กิตติกันต์ สารมาคม, 2546, หน้า 15) กล่าวว่าแบบสอบวินิจัยสร้างจากรากฐานของการวิเคราะห์ทักษะเฉพาะที่จะส่งผลให้เรียนได้สำเร็จ อาจดำเนินการสร้างแบบสอบวินิจัยตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ

2. ศึกษาทฤษฎี วิธีการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบวินิจัย

และวิธีการเขียนข้อสอบ

3. วิเคราะห์เนื้อหา จุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4. กำหนดจุดประสงค์ องค์ประกอบหรือทักษะย่อย และทดสอบทักษะย่อย

เพื่อที่จะวินิจัย

5. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมในการดำเนินรายละเอียดตามขั้นตอนที่ 4

6. เขียนข้อคำถามเพื่อสำรวจเป็นแบบเดิมค่า

7. นำแบบทดสอบเพื่อสำรวจไปทดสอบ

8. วิเคราะห์ค่าความยากเป็นรายข้อ

9. สร้างแบบสอบวินิจัย โดยใช้ผลจากขั้นตอนที่ 8 คัดเลือกปรับปรุงข้อสอบ

และสร้างตัวดวงจากคำตอบที่ผิด



10. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและกำหนดจุดตัด
  11. ทดสอบครั้งที่ 1
  12. วิเคราะห์ค่าความยาก อำนาจจำแนก และปรับปรุงข้อสอบ
  13. ทดสอบครั้งที่ 2
  14. วิเคราะห์หาคุณภาพรายข้อและทิ้งฉบับของแบบทดสอบ
  15. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบและจัดพิมพ์แบบทดสอบเป็นรูปเล่ม
- โชติ เพชรชื่น (2546, หน้า 51) กล่าวว่า การสร้างแบบทดสอบวินิจัย ดำเนินการดังนี้
1. วิเคราะห์ความสามารถหรือทักษะที่เป็นองค์ประกอบย่อยความสามารถ

ที่เป็นจุดประสงค์ของหลักสูตรรายวิชา

2. กำหนดจุดประสงค์ในการวัดและลักษณะเฉพาะข้อสอบ
3. สร้างคำถามที่วัดความสามารถหรือทักษะย่อยเหล่านี้ให้ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหา มีจำนวนข้อคำถามเพียงพอที่จะอธิบายถึงความบกพร่องหรือจุดด้อยของนักเรียนได้

4. ทดลองใช้และนำผลมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงคำถาม
5. ตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ
6. สร้างเกณฑ์การบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อเปรียบเทียบ
7. จัดคู่มือการใช้แบบทดสอบ

สำนักทดสอบทางการศึกษา (2539, หน้า 11) ได้กล่าวถึง แนวปฏิบัติในการสร้างและพัฒนาแบบสอบวินิจัยไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์เนื้อหา กำหนดขอบเขตของเนื้อหา และระดับพฤติกรรมอย่างละเอียด
2. สร้างตารางวิเคราะห์โครงสร้างของวิชา/ รายวิชา
3. สร้างแบบสอบเพื่อสำรวจ (Survey test)
4. เขียนจุดประสงค์การเรียนรู้/ สมรรถภาพ/ สมรรถภาพย่อย
5. หาแบบผิด หรือข้อบกพร่องที่คิดว่าน่าจะเกิดในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้
6. เขียน Script ของข้อสอบหรือลักษณะเฉพาะของข้อสอบ (Item specification)
7. เขียนข้อสอบตาม Script หรือ Item specification
8. ตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อค่าความหมายรายข้อ (IOC) ความลำเอียง (Bias)
9. ทดลองสอบ หาค่าสถิติ ปรับปรุงคุณภาพข้อสอบ
10. จัดฉบับแบบสอบ ทดลองสอบ หาคุณภาพของแบบสอบ

11. เขียนคู่มือการสร้าง และการพัฒนาแบบสอบ คู่มือการใช้แบบสอบ และแปลความหมายของคะแนนและคู่มือในการวิจัย

ประภาพรณ มั่นสวัสดิ์ (2548, หน้า 21) ได้เสนอ เทคนิคและวิธีการสร้างแบบทดสอบ วินิจฉัยของ มีดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย
2. ศึกษาเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. วิเคราะห์จุดมุ่งหมายของเนื้อหาและแบ่งเนื้อหาเป็นฉบับย่อย ๆ
4. สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร
5. สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจความพร้อม
6. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
7. นำไปทดลองเพื่อหาจุดบกพร่องของนักเรียน
8. นำผลที่ได้มาปรับปรุงเพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย โดยใช้ผลที่ได้จากการสำรวจ

มาสร้างเป็นตัวลง

9. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัย
10. ทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ คัดเลือก และปรับปรุงข้อสอบ
11. นำไปทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ
12. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัย
13. จัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

สุพรรณิ ภิรมย์ภักดี (2541, หน้า 14) ได้เสนอ เทคนิคและวิธีการสร้าง แบบทดสอบวินิจฉัย มีดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายและวางแผนในการดำเนินการสอบ
2. วิเคราะห์ทักษะและเนื้อหาออกเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ
3. เขียนคำถามตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้
4. สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจหาข้อบกพร่องที่ไม่สัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์

เชิงพฤติกรรมนั้น

5. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัย ใช้คำตอบผิดที่วิเคราะห์แล้วเป็นตัวลง
6. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้และพัฒนาให้มีคุณภาพ

สุชาติ สิริมินันท์ (2542, หน้า 16) ได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย มีดังนี้

1. ตั้งจุดหมายและวางแผนในการดำเนินการสร้างแบบทดสอบ
2. วิเคราะห์ทักษะหรือเนื้อหาออกเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ ให้ชัดเจน

3. สร้างแบบทดสอบสำรวจ โดยเขียนข้อคำถามตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด
4. นำไปสอบและวิเคราะห์คำตอบเพื่อหาสาเหตุของการไม่สัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์

เชิงพฤติกรรม

5. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัย โดยใช้คำตอบที่ผิดที่วิเคราะห์แล้วเป็นตัวลวง
6. นำแบบทดสอบไปใช้และพัฒนาแบบทดสอบเขียนคู่มือการใช้แบบทดสอบ

วรนุช ชำนาญกิจ (2559, หน้า 18) ได้กล่าวสรุปเทคนิคการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยไว้

- ดังต่อไปนี้
1. ศึกษาและวิเคราะห์สาระเรียนรู้ตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดอย่างละเอียด แล้วกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
  2. สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยมีจำนวนข้อคำถามที่มากเพียงพอที่จะอธิบายถึงความบกพร่องหรือจุดด้อยของนักเรียนได้
  3. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และคัดเลือกข้อสอบที่ใช้ได้
  4. นำแบบทดสอบเพื่อสำรวจที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อสำรวจหาสาเหตุข้อบกพร่อง
  5. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยโดยคัดเลือกแบบคำตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ผิดมาสร้างเป็นตัวลวง ส่วนข้อคำถามสร้างตามสภาพปัญหาที่นักเรียนมี
  6. ทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ประสิทธิภาพของตัวลวง และปรับปรุงข้อสอบ
  7. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาแบบทดสอบเพื่อกำหนดคะแนนเกณฑ์
  8. ทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบเป็นรายข้อและทั้งฉบับ
  9. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบและจัดพิมพ์แบบทดสอบวินิจฉัย
- คมสันต์ เอ็นคะวัน (2553, หน้า 27) ได้กล่าวสรุปถึง ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ดังต่อไปนี้
1. กำหนดจุดมุ่งหมายและวางแผนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย
  2. วิเคราะห์เนื้อหาอย่างละเอียดแบ่งเนื้อหาออกเป็นเนื้อหาเรื่องย่อย ๆ และเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหานั้น
  3. เขียนข้อสอบให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
  4. วิเคราะห์จุดบกพร่องของนักเรียนจากการเลือกตอบแบบทดสอบวินิจฉัย

5. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้และปรับปรุงแบบทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย  
ขั้นตอน การทดสอบเพื่อสร้างตัวลอง ทดสอบเพื่อวิเคราะห์รายข้อ

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับขั้นตอนการสร้างของแบบทดสอบวินิจัยผู้วิจัย  
ทำการสังเคราะห์ สาระสำคัญเกี่ยวกับขั้นตอนการสร้างของแบบทดสอบวินิจัยผลการสังเคราะห์  
สาระสำคัญเกี่ยวกับ ขั้นตอนการสร้างของแบบทดสอบวินิจัยจึงได้สรุปดังต่อไปนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายและวางแผนในการสร้างแบบทดสอบวินิจัย
2. ศึกษาทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

พุทธศักราช 2551 คู่มือครูและหนังสือแบบเรียน

3. วิเคราะห์เนื้อหา สาระสำคัญและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา  
ค่าความสอดคล้องและสร้างแบบสอบวินิจัย

4. นำแบบสอบไปทดลองใช้
5. วิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบด้านความตรงเชิงเนื้อหา ค่าความยาก และ

ค่าอำนาจจำแนก

6. นำแบบสอบไปทดลองใช้จริง
7. วิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบรายข้อด้านค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก

จากการศึกษาลักษณะของแบบสอบวินิจัย ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์สาระสำคัญเกี่ยวกับ  
ลักษณะของแบบสอบวินิจัย สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบสอบวินิจัย
2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับการสร้างแบบสอบวินิจัย
3. วิเคราะห์เนื้อหา กำหนดขอบเขตของเนื้อหา และวัตถุประสงค์
4. สร้างแบบสอบวินิจัยเพื่อหาข้อบกพร่อง
5. ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา ค่าความตรงเชิงเนื้อหา
6. นำแบบสอบไปทดลองใช้ และวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ ค่าความยาก

และค่าอำนาจจำแนก

7. นำแบบสอบไปทดลองใช้จริง วิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบรายข้อด้านค่าความยาก  
และค่าอำนาจจำแนก

#### ประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจัย

การสร้างแบบทดสอบวินิจัยมีในปัจจุบันนี้มีความสำคัญมากเนื่องจากแบบทดสอบนั้น  
จะต้องมีคุณภาพและมีประโยชน์เพราะจะนำไปสู่การวัดและประเมินผลที่มีคุณภาพด้วย ผู้วิจัย

จึงเห็นว่า นักวิจัยและนักวิชาการศึกษาหลายท่านที่ได้ให้ความสนใจและให้ความสำคัญในเรื่อง แบบทดสอบวินิจฉัยมากจึงพอกกล่าวสรุปถึงประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยดังต่อไปนี้

กัญวลัญช์ จิตรดี (2559, หน้า 20) ได้กล่าวสรุปถึง ประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยว่าเป็นการนำแบบทดสอบวินิจฉัยไปใช้ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ช่วยให้ครูเตรียมบทเรียนได้ตรงตามความต้องการของนักเรียน ได้ปรับการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียน ทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นน้อยลง รวมทั้งประหยัดเวลาและแรงงานของครูในการวินิจฉัย ทำให้เกิดการสอนซ่อมเสริมเป็นรายบุคคลมากขึ้น รวมไปถึงตัวนักเรียนเองก็ได้รับประโยชน์จากการวินิจฉัยตรงที่ทราบว่าตนเองมีความบกพร่องเรื่องใด ซึ่งเป็นข้อมูลในการพัฒนาตนเอง และเกิดแรงจูงใจในการเรียนทำให้สนใจในการเรียนมากขึ้น

วรนุช ชำนาญกิจ (2559, หน้า 20) ได้กล่าวสรุปถึง ประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ดังต่อไปนี้

1. ช่วยให้ครูและนักเรียนที่ราบถึงข้อบกพร่องและสาเหตุข้อบกพร่องในการเรียน
2. เป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไข กระบวนการสอนของ ครูวิสารรัตน์ วงศ์วี

(2556, หน้า 17) ได้กล่าวสรุปถึง ประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนและครูผู้สอนสามารถทราบจุดบกพร่องในการเรียนในแต่ละสาระการเรียนรู้
2. เป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไข กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เกิดจากความบกพร่องของตัวครูผู้สอน

3. ผู้บริหาร ครูผู้สอน และนักเรียนสามารถใช้เป็นข้อมูลในการประเมินตนเองในการบริหาร จัดการเรียนเพื่อเป็นการพัฒนาตนเอง

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยผู้วิจัยทำการสังเคราะห์สาระสำคัญเกี่ยวกับประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยผลการสังเคราะห์สาระสำคัญเกี่ยวกับประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยจึงได้สรุปว่า แบบทดสอบวินิจฉัยมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยจะนำไปใช้ ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยค่อนข้างละเอียด ใช้จำนวนข้อมาก ไม่มีขั้นตอนการระบุเนื้อหาที่ชัดเจน อาจทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการทำข้อสอบได้ อีกทั้งแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุจุดบกพร่องทางการเรียนเป็นรายบุคคลและมีส่วนช่วยครูจะค้นหาแนวทางการซ่อมเสริมต่อไปในอนาคต รวมไปถึง ตัวนักเรียนเองก็จะได้รับประโยชน์จากการวินิจฉัยตรงที่ทราบว่าตนเองมีความบกพร่องในเรื่องใด เป็นข้อมูลในการพัฒนาตนเอง และเป็นการเตรียมความพร้อมในการเรียนอยู่เสมอ

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัย พบว่า มีการสร้างแบบสอบวินิจฉัยจำนวนมาก ซึ่งใช้รูปแบบแนวคิดที่มีลักษณะเหมือนกัน ขั้นตอนการสร้างข้อสอบ เนื้อหาสาระ

ขั้นตอนของการเรียงลำดับของเนื้อหาไม่ชัดเจน มีข้อสอบจำนวนมาก ซึ่งอาจทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย และทำให้เกิดการเดาข้อสอบ ผลการวินิจฉัยของนักเรียนที่ได้ อาจเกิดความผิดพลาด และไม่สามารถวิเคราะห์ข้อบกพร่องของนักเรียนได้ จึงนำไปสู่การพัฒนาการสร้างแบบสอบวินิจฉัยแบบใหม่ ที่ยึดโมเดลทางปัญญาเป็นสำคัญ (Cognitive model) ซึ่งสามารถลดจำนวนของข้อสอบ มีขั้นตอนการสร้างแบบสอบวินิจฉัย และลำดับเนื้อหาที่ชัดเจน ทำให้วินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนได้ตรงจุดและสามารถนำผลการวินิจฉัยไปปรับปรุงการเรียนการสอนได้

## ตอนที่ 2 โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Model: AHM)

โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Model: AHM) เป็นโมเดลตอบสนองข้อสอบทางพุทธิปัญญา (Cognitive Item Response Theory Model) พัฒนาขึ้นโดย Leighton, Gierl and Hunka ในปี ค.ศ. 2000 ในชื่อโมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะสำหรับการประเมินทางพุทธิปัญญา (The Attribute Hierarchy Model for Cognitive Assessment) และได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวัดผลทางการศึกษา โดยใช้ชื่อ โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ สำหรับการประเมินทางพุทธิปัญญากรณีศึกษาความผันแปรโดยวิธีรัฐสเปซของทาสชูโอเกะ โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Model: AHM) เป็นการพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของ Rule - Space model เพื่อให้การประเมินเชิงวินิจฉัยมีความชัดเจนเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน และการพัฒนามาก โดยการกำหนดจำนวนข้อสอบ ลักษณะข้อสอบ และแบบแผนการตอบข้อสอบให้ถูกต้อง เรียกว่าคุณลักษณะ (Attribute) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางพุทธิปัญญา (Cognitive theory) กับการวัดทางจิตมิติ (Psychometric practice) (Leighton, Gierl & Hunka, 2000; Gierl, 2007; Gierl, Cui, & Zhou, 2009; Roberts, & Gierl, 2010; Wang & Gierl, 2011) โมเดลลำดับชั้นของคุณลักษณะมีลักษณะที่สำคัญและมีขั้นตอนในการนำไปใช้ในการพัฒนาแบบสอบและการประเมินเชิงวินิจฉัย ดังนี้

### 1. ลักษณะที่สำคัญของโมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ

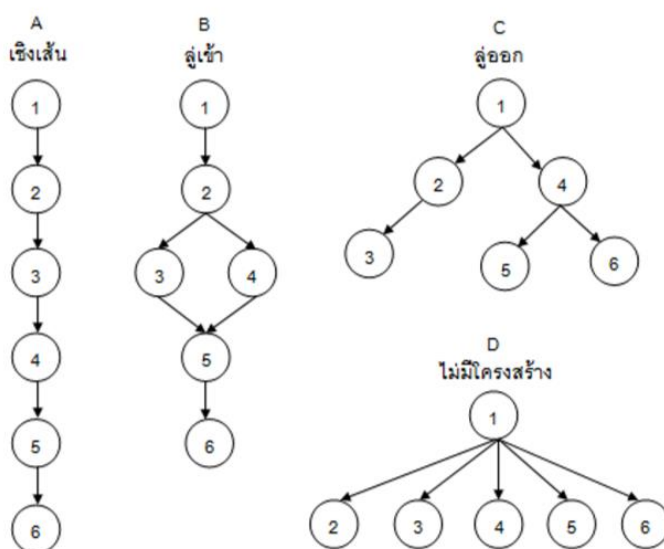
#### 1.1 การให้คำจำกัดความและการจำแนกคุณลักษณะ

Leighton, Gierl and Hunka (2000) กล่าวว่า คุณลักษณะเป็นการบรรยายวิธีการหรือการอธิบายความรู้ที่ต้องใช้ในการทำงานที่มีขอบเขตเฉพาะ แม้ว่าคุณลักษณะจะไม่ใช้ยุทธวิธี แต่คุณลักษณะก็ช่วยสร้างยุทธวิธี ยิ่งไปกว่านั้นชุดของคุณลักษณะจะถูกจัดเข้าสู่ยุทธวิธีเพื่อสนับสนุน บทบาทในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นทันทีทันใดโดยไม่จำเป็นต้องเป็นกลุ่มยุทธวิธี คุณลักษณะเป็นเอกลักษณ์ที่มีลักษณะเป็นพลวัต (Dynamic) ชุดคุณลักษณะของนักเรียนที่มีความสามารถในเวลา หนึ่งอาจจะไม่เหมือนชุดคุณลักษณะของที่มีความสามารถในอีกเวลาหนึ่ง

ทั้งนี้อาจเกิดจากพัฒนาการ และ/ หรือขึ้นอยู่กับกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งหมายถึง ความก้าวหน้าของนักเรียนจากเวลาหนึ่งไปอีกเวลา หนึ่งเกิดจากการมีพัฒนาการ และ/ หรือองค์ประกอบด้านการเรียนการสอน คุณลักษณะสำหรับ แบบทดสอบสามารถจำแนกได้โดยวิธีการที่ต่างต่างกัน เช่น ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์งาน (Task analysis) การเขียนตอบของนักเรียน โดยควรตรวจสอบความตรงของการจำแนก คุณลักษณะทั้งจากผู้สอบและข้อสอบเปรียบเทียบกับกลุ่มประชากรเป้าหมาย

## 1.2 การกำหนดคุณลักษณะความสัมพันธ์ที่เป็นลำดับขั้นของคุณลักษณะ

การกำหนดคุณลักษณะ โดยอาจพิจารณาเชิงประจักษ์ จากการให้คำจำกัดความที่ชัดเจนหรือจากการวิเคราะห์เอกสารหรือจากทฤษฎีทางจิตวิทยาพัฒนาการ ยังต้องมีการจำแนกคุณลักษณะได้อย่างถูกต้อง เช่น จากขั้นพัฒนาการของเพียร์เจย์ เป็นต้น สำหรับโครงสร้างของลำดับขั้น Leighton, Gierl and Hunka (2004) ได้กำหนดโครงสร้างของลำดับขั้นอย่างง่ายที่ใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบไว้ 4 รูปแบบ ดังนี้



ภาพที่ 2 - 1 โครงสร้างของลำดับขั้น

### 1.2.1 ลำดับขั้นเชิงเส้น (Linear hierarchy)

ลำดับขั้นเชิงเส้น (Linear hierarchy) มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว ดังโมเดล A แสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 2 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3

คุณลักษณะที่ 3 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 4 คุณลักษณะที่ 4 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 5 และคุณลักษณะที่ 5 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 6 เป็นต้น

#### 1.2.2 ลำดับชั้นเชิงคู่เข้า (Hierarchy with a convergent branch)

ลำดับชั้นเชิงคู่เข้า (Hierarchy with a convergent branch) มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ที่แยกออกเป็น 2 ทาง มีจุดสิ้นสุดที่จุดเดียวกัน ดัง โมเดล B แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะที่ 1 ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 2 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 และคุณลักษณะที่ 4 แล้วคู่เข้าคุณลักษณะที่ 5 และคุณลักษณะที่ 5 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 6 เป็นต้น

#### 1.2.3 ลำดับชั้นเชิงคู่ออก (Hierarchy with a divergent branch)

ลำดับชั้นเชิงคู่ออก (Hierarchy with a divergent branch) มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ที่แยกออกเป็น 2 ทาง แต่ไม่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียวกัน ดัง โมเดล C แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีก่อนคุณลักษณะที่ 2 และ คุณลักษณะที่ 2 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 และคุณลักษณะที่ 4 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 5 และคุณลักษณะที่ 6 เป็นต้น

#### 1.2.4 ลำดับชั้นแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured hierarchy)

ลำดับชั้นแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured hierarchy) มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ที่ไม่มีความสัมพันธ์เดียวจากจุดเริ่มต้นและไม่มีจุดสิ้นสุดเพียงจุดเดียว ดังเช่น โมเดล D ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 3 คุณลักษณะที่ 4 คุณลักษณะที่ 5 และคุณลักษณะที่ 6 เป็นต้น

จากการศึกษาเอกสาร พบว่า ลักษณะความสัมพันธ์ที่เป็นลำดับชั้นของคุณลักษณะที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ คือ ลำดับชั้นเชิงคู่ออก (Hierarchy with a divergent branch) มีลักษณะเป็นความสัมพันธ์ที่แยก ออกเป็น 2 ทาง แต่ไม่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียวกัน

## 2. ขั้นตอนการนำโมเดลลำดับชั้นของคุณลักษณะไปใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบและการวินิจฉัย

การนำโมเดลลำดับชั้นของคุณลักษณะไปใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบและการวินิจฉัย มีขั้นตอนทั้งสิ้น 7 ขั้นตอน ดังนี้

### ขั้นตอนที่ 1 ระบุลักษณะและความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นที่มีลักษณะเฉพาะ

ขั้นตอนนี้ต้องทำความเข้าใจกระบวนการทางพุทธิปัญญาที่จะใช้วัดกลุ่มผู้สอบ ที่มีลักษณะเฉพาะให้ชัดเจน ให้คำจำกัดความคุณลักษณะอย่างรอบคอบ กำหนดความสัมพันธ์ที่เป็นลำดับชั้นและนำเสนอลำดับชั้นโดยใช้โครงสร้างรูปต้นไม้ (Tree structure) หรืออาจเรียกว่า โครงสร้างเครือข่าย (Network structure) ความสัมพันธ์ที่เป็นลำดับชั้นในข้อสอบแต่ละข้อ จะต้องนำเสนอเพื่อให้ผู้สอบตอบข้อสอบอย่างไม่สับสน แม้ว่าจะมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่าง



คุณลักษณะที่ทำได้กับลำดับที่น่าเสนอให้ทำภายในเฉพาะแต่ละข้อ เช่น ยุทธวิธีในการนำเสนอ จะต้อง ไม่มี 2 มโนทัศน์ในแต่ละข้อ ต้องวิเคราะห์และระบุลักษณะทางพุทธิปัญญาอย่างชัดเจน สมเหตุสมผล และเป็นไปตามหลักจิตวิทยา ทั้งนี้ควรกำหนดคุณลักษณะที่เป็นจุดเริ่มต้นซึ่งเป็น สิ่งที่ต้องมีมาก่อน สำหรับคุณลักษณะทั้งหมดจากจุดเดียวกัน เพื่อช่วยให้นักพัฒนาแบบทดสอบ ตระหนักถึงคุณลักษณะ เริ่มต้นที่ผู้สอบทุกคนต้องมี

**ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเมทริกซ์เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้**

1. กำหนด Binary adjacency matrix (A) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางตรงระหว่าง คุณลักษณะ โดยกำหนดให้ Matrix (A) มีขนาด  $k \times k$  เมื่อ  $k$  แทน จำนวนคุณลักษณะ หมายเลข 1 ณ ตำแหน่ง  $(j, k)$  ในเมทริกซ์จะบ่งบอกถึงการมีความสัมพันธ์ทางตรงระหว่างคุณลักษณะที่  $j$  ในลักษณะการเป็นคุณลักษณะที่ต้องมี มาก่อนคุณลักษณะที่  $k$  ดังโมเดล C สามารถเขียนเป็น เมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

จากโมเดล C และเมทริกซ์ (A) แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 และคุณลักษณะที่ 4 เห็นได้จากตำแหน่งของสมาชิกใน เมทริกซ์ (1, 2) และ (1, 4) แทนด้วยหมายเลข 1 คุณลักษณะที่ 2 จะต้องมีมาก่อน คุณลักษณะที่ 3 เห็นได้จากตำแหน่งของสมาชิกในเมทริกซ์ (2, 3) แทนด้วยหมายเลข 1 และ คุณลักษณะที่ 4 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 5 และคุณลักษณะที่ 6 เห็นได้จากตำแหน่งของสมาชิก ในเมทริกซ์ (4, 5) และ (4, 6) แทนด้วย หมายเลข 1

2. กำหนด Reachability matrix (R) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมระหว่างคุณลักษณะ โดยกำหนดให้ Matrix (R) มีขนาด  $k \times k$  เมื่อ  $k$  แทน จำนวนคุณลักษณะ Matrix (R) จะบ่งบอกเงื่อนไขในโครงสร้างของลำดับขั้นซึ่งเป็นประโยชน์ในกำหนดชุดย่อยของข้อคำถาม ซึ่งคำนวณจากสูตร  $R = (A + I)^n$  เมื่อ  $n$  แทน จำนวนเต็ม และ  $I$  แทน เมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity matrix) จาก Matrix (A) ในข้อ 2.1 โดยกำหนดเป็น matrix (R) ได้ดังนี้ แถวที่ 1 หมายถึง คุณลักษณะที่ 1 ต้องมีมาก่อนทุกคุณลักษณะ แถวที่ 2 หมายถึง คุณลักษณะที่ 2 ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 และ 3 แถวที่ 3 หมายถึง คุณลักษณะที่ 3 ไม่ได้เป็นคุณลักษณะที่ต้องมีมาก่อน



แต่มีข้อสอบที่เป็นไปได้ถึง 63 ข้อ ดังนั้น เพื่อให้ข้อสอบมีจำนวนน้อยลงและข้อสอบมีลักษณะที่มีความเฉพาะมากขึ้น การกำหนดชุดของข้อสอบที่เป็นไปได้ สามารถทำได้โดยการนำเงื่อนไขโครงสร้างของลำดับชั้นมาพิจารณาและตัดข้อสอบที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขออกไป เช่น จากเมทริกซ์  $Q$  ในข้อ 3. สามารถลดข้อสอบตามเงื่อนไขโครงสร้างของลำดับชั้น โดยตัดข้อสอบที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน เหลือเพียง 15 ข้อ ดังแสดงใน matrix ( $Q_r$ ) ดังนี้

$$Q_r = \begin{bmatrix} 111111111111111 \\ 011011011011011 \\ 001001001001001 \\ 000111111111111 \\ 000000111000111 \\ 000000001111111 \end{bmatrix}$$

### ขั้นที่ 3 พัฒนาแบบทดสอบ

การพัฒนาแบบทดสอบดำเนินการโดยสร้างข้อสอบให้มีการใช้คุณลักษณะตามที่กำหนด

### ขั้นที่ 4 กำหนดแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected item response pattern)

คะแนนรวม (Total score) และคุณลักษณะของผู้สอบในแต่ละแบบแผนการตอบข้อสอบ

จาก Matrix ( $Q_r$ ) ในข้อ 4. กำหนดการตอบแบบแผนข้อสอบที่คาดหวัง คะแนนรวม และคุณลักษณะของผู้สอบ ได้ดังตารางที่ 2 - 1

ตารางที่ 2 - 1 เมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง คะแนนรวม และคุณลักษณะของผู้สอบ

สำหรับผู้สอบจำนวน 15 คน จากพื้นฐาน โครงสร้างของลำดับชั้นในแผนภาพ C

ผู้สอบ	เมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง	คะแนนรวม	คุณลักษณะของผู้สอบ
1	10000000000000	1	100000
2	11000000000000	2	110000
3	11100000000000	3	111000
4	10010000000000	4	100100
5	11011000000000	5	110100
6	11111100000000	6	111100
7	10010010000000	7	100110
8	11011011000000	8	110110

ตารางที่ 2 - 1 (ต่อ)

ผู้สอบ	เมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง	คะแนนรวม	คุณลักษณะของผู้สอบ
9	11111111000000	9	111110
10	100100000100000	10	100101
11	110110000110000	11	110101
12	111111000111000	12	111101
13	100100100100100	13	100111
14	110110110110110	14	110111
15	111111111111111	15	111111

#### ขั้นตอนที่ 5 นำแบบสอบไปใช้ทดสอบนักเรียน

นำแบบสอบที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาแบบทดสอบดำเนินการ โดยสร้างข้อสอบ ให้มีการใช้คุณลักษณะตามที่กำหนด ไปใช้ทดสอบกับนักเรียนเพื่อนำไปหาคุณภาพของแบบสอบ

#### ขั้นตอนที่ 6 ประเมินค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบ (Estimating probability of item response)

การประมาณค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อจากแบบแผนการตอบ ข้อสอบที่คาดหวัง โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องกับบุคคล (Person - fit indices) จากโอกาส ในการตอบข้อสอบได้ ถูกต้องโดยใช้โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT model) ซึ่งจะทำได้ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (A - parameter) และค่าความยากของข้อสอบ (B - parameter) กรณีที่ใช้โมเดลการตอบสนอง ข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ ทั้งนี้อาจใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ช่วยในการคำนวณ เช่น โปรแกรม IRT PRO เป็นต้น

#### ขั้นตอนที่ 7 จำแนกแบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้

การจำแนกแบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้ มีขั้นตอน ดังนี้

1. การจำแนกเบื้องต้น (Preliminary classification) วิธีนี้ใช้การเปรียบเทียบแบบแผน การตอบข้อสอบที่สังเกตได้กับแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังทั้งหมด และคำนวณ ค่าความเป็นไปได้สูงสุดที่แบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้จะสอดคล้องกับแบบแผน การตอบข้อสอบที่คาดหวังไว้ ถ้ามีความเป็นไปได้สูงสุดที่แบบแผนการตอบ ข้อสอบที่คาดหวัง แบบใดแสดงว่า แบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้นั้นมีคุณลักษณะของผู้สอบ ตามที่ แบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังนั้นกำหนด เช่น นาย ก. มีแบบแผนการตอบข้อสอบที่

สังเกตได้เป็น 11110000000000000000 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 0.5 ที่ระดับความสามารถเท่ากับ -0.5 ตรงกับแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวัง 11100000000000000000 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น 1 จุด และมีคุณลักษณะของผู้สอบเป็น 111000 แสดงว่า นาย ก. จัดให้อยู่ในกลุ่มที่มีคุณลักษณะที่ 1, 2 และ 3 เป็นต้น

## 2. การตรวจสอบการจำแนกเบื้องต้น (Verification of preliminary classification)

การจำแนกเบื้องต้นบางครั้งให้ค่าความน่าจะเป็นต่ำมากและจำแนกได้ไม่สอดคล้องกับโครงสร้างของลำดับชั้น เช่น นาย ก. มีแบบแผนการตอบที่สังเกตได้เป็น 111111111111011 เมื่อกำหนดค่าความน่าจะเป็นไปได้พบว่า มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.0318 ที่ระดับความสามารถเท่ากับ 2.37 ตรงกับแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวัง 1111111111111111 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อน 1 จุด และมีคุณลักษณะของผู้สอบเป็น 111111 แสดงว่า นาย ก. จัดให้อยู่ในกลุ่มที่มีคุณลักษณะทุกข้อ ซึ่งในความเป็นจริงอาจไม่ได้เป็นอย่างนั้น เนื่องจากนาย ก. ตอบข้อสอบไม่ถูกต้องทุกข้อ ทำให้การจำแนกไม่ตรงกับข้อมูลจริง จึงต้องใช้การตรวจสอบการจำแนกเบื้องต้น โดยการตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Logically) ของแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังทั้งหมดกับแบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้ ถ้าแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังมีความสมเหตุสมผลกับแบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้ แสดงว่าผู้สอบมีคุณลักษณะตามแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังนั้น ๆ แต่ถ้าตรวจสอบแล้วพบว่า ไม่สมเหตุสมผลกับแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังใดจึงกำหนดค่าความน่าจะเป็น เช่น แบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้ของนาย ก. เป็น 111111111111011 เมื่อเปรียบเทียบกับแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวัง จำนวน 16 แบบแผน พบว่า มีความคลาดเคลื่อนที่ไม่สมเหตุสมผลเกิดขึ้น 2 แบบแผน ดังนี้ แบบแผนที่ 15 คือ 1101101101101101 และแบบแผนที่ 16 ได้แก่ 1111111111111111 ซึ่งพบว่าเกิดความคลาดเคลื่อนจาก ในข้อที่ 14 จำนวน 1 จุด เมื่อกำหนดค่าความน่าจะเป็นพบว่า แบบแผนที่ 15 มีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.6835 ที่ระดับความสามารถ 1.54 มีคุณลักษณะของผู้สอบเป็น 110111 แบบแผนที่ 16 มีค่าความน่าจะเป็น 0.0318 ที่ระดับความสามารถ 2.37 มีคุณลักษณะของผู้สอบเป็น 111111 ดังนั้น แบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้ของนาย ก. จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสอดคล้องกับแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังแบบแผนที่ 15 มากกว่าแบบแผนที่ 16 แต่มีคุณลักษณะไม่ครบตามแบบแผนที่ 16 หมายถึง นาย ก. มีคุณลักษณะตามแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังตั้งแต่แบบแผนที่ 2 ถึงแบบแผนที่ 14 โดยสอดคล้องกับแบบแผนที่ 15 มากที่สุดแต่มีคุณลักษณะไม่ครบที่ตามกำหนดในแบบแผนที่ 16

### ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา

#### ความหมายของปัญหา

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 (2546, หน้า 687) ให้ความหมายของปัญหา คือ ข้อสงสัย ข้อขัดข้อง ข้อที่ต้องพิจารณาแก้ไข

อัจฉรา จันทา (2549, หน้า 73) ให้ความหมายของปัญหาไว้ว่า ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่บุคคล หรือกลุ่มคนเผชิญและต้อง การหาคำตอบ ซึ่งการได้มาซึ่งคำตอบต้องใช้ความรู้ และวิธีการต่าง ๆ ที่มีอยู่มาผสมผสานเป็นแนวทางในการหาคำตอบ

สุกัญญา ศรีสาคร (2547, หน้า 68) กล่าวถึงคำว่า ปัญหาว่า คือ เหตุการณ์หรือสถานการณ์ ที่ก่อให้เกิดอุปสรรคที่ขัดขวางมิให้บรรลุเป้าหมาย ซึ่งจำเป็นต้อง ศึกษาจากสาเหตุและที่มา ของปัญหาแล้วใช้กระบวนการที่เหมาะสมเพื่อจัดปัญหาเหล่านั้นให้หมดไป

ยุดา รักไทย และธนิกานต์ มาฆะศิริรานนท์ (2542) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับปัญหาไว้ว่า ปัญหา คือ ช่องว่างหรือความแตกต่างระหว่างสภาพปัจจุบัน กับสถานการณ์ที่เราต้องการให้เกิดขึ้น (หรือสภาพการณ์ไม่ดีที่คาดว่าจะเกิดขึ้นอนาคต)

#### ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา

การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์นั้น ได้มีผู้เสนอแนวคิดวิธีการแก้โจทย์ปัญหาไว้หลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยขอเสนอแนวคิด ดังต่อไปนี้

Hestenes (1987, pp. 440 - 454) ได้เสนอกฤษฎีการในการแก้ปัญหาลำหรับปัญหาฟิสิกส์ โดยมีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. อธิบายปัญหา (Description) โดยในขั้นตอนนี้มีส่วนประกอบของการอธิบาย บรรยายบอก ลักษณะที่สำคัญในการทำโจทย์อยู่ 3 ประการ คือ การบรรยายออกมาในรูปของวัตถุที่แทน ตัวโจทย์ปัญหา บรรยายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเขียนอันตรกิริยาที่กระทำต่อกัน รวมไปถึงการเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free body diagram)

2. วางแผนกำหนดสูตรที่ใช้ (Formulation) เป็นขั้นที่เกี่ยวกับการนำกฎ สูตรต่าง ๆ ทางฟิสิกส์มาใช้รวมถึงการกำหนดสมการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ อาทิเช่น สมการการเคลื่อนที่แนวตรง สมการการเคลื่อนที่แบบหมุน เพื่อที่จะได้ทำการหาคำตอบ

3. การหาผลลัพธ์ (Ramification) เป็นขั้นถัดมาที่ทำการใช้สูตรทางฟิสิกส์เพื่อหาคำตอบ ออกมา

4. การตรวจสอบ (Validation) เป็นการประเมินตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่า มีความเป็นไปได้สมเหตุสมผลหรือไม่

เฮลเลอร์ และฮอลลาบอธ (Heller & Holabaugh 1992, pp. 637 - 645) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาปัญหา ให้อยู่ในรูปข้อความหรือรูปภาพ (Focus the problem) โดยปกติแล้วหลังจากที่อ่านโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ต้องอาศัยจินตนาการเพื่อให้เห็นภาพพจน์ของวัตถุ แล้วผู้เรียนต้องวาดภาพ และระบุรายละเอียดที่โจทย์กำหนดให้ โดยสามารถทำตามลำดับขั้นตอนดังนี้

#### ภาพประกอบและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้

1. สร้างมโนภาพของสถานการณ์ปัญหา
2. วาดภาพประกอบ โจทย์เพื่อแสดงส่วนที่สำคัญ เช่น ตัววัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ อันตรกิริยาที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

3. ชิดเส้นใต้ในสิ่งที่รู้จากโจทย์

#### คำถาม

1. โจทย์ถามหาอะไร
2. โจทย์กำหนดอะไร

#### วิธีการ

1. หลักการและแนวคิดที่คิดว่ามีประโยชน์และสำคัญในการแก้ปัญหา เช่น นิยามของความเร็ว ความเร่ง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น
2. กำหนดระบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการแก้ปัญหา
3. ลองประเมินคำตอบที่คิดว่าเหมาะสมในการแก้ปัญหาก่อนว่าควรเป็นอย่างไร แม้ว่าบางครั้งคำถามที่อยู่ในโจทย์ปัญหาจะไม่ชัดเจนหรือเข้าใจยาก ให้ทราบว่าโจทย์ถามหาอะไร แล้วจะแปลงเป็นปริมาณเพื่อคำนวณได้อย่างไร แต่ก็มีหลายวิธีในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ส่วนแรกของการเรียนเพื่อแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์คือ ต้องใช้หลักการ หรือกฎอะไรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งต้องได้จากการพิจารณาโน้ตส์ ทฤษฎีหลักการโดยใช้ข้อบังคับต่าง ๆ ในแต่ละปัญหา อย่างเช่น สนามไฟฟ้าที่ระยะอนันต์มีค่าเท่ากับ ศูนย์ เป็นต้น บางครั้งก็ต้องประมาณค่าเพื่อทำโจทย์ปัญหาให้ง่ายขึ้น แต่ต้องไม่ทำให้ผลลัพธ์เปลี่ยนแปลงมาก เช่น ไม่คำนึงถึงแรงเสียดทานของอากาศหรือแรงต้านทานของอากาศ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 ทำให้อยู่ในรูปของสมการฟิสิกส์หาความเป็นไปได้และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร: อธิบายหลักการฟิสิกส์ (Describe the physics) เป็นการนำเอารายละเอียดจากการวาดภาพประกอบ วาดแผนภาพ ค่าที่ได้จากโจทย์กำหนดให้มา คำนวณหาปริมาณที่ต้องการโดยอาศัยกฎทางฟิสิกส์เพื่อเขียนเป็นสมการ สูตร ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ถ้าหาก

สามารถยับยั้งใจไม่ให้วิธีการหรือเฉลยในหนังสือแล้ว ก็จะกลายเป็นผู้ที่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขั้นนี้สามารถสร้างเป็นลำดับขั้นได้ดังนี้

#### แผนภาพและนิยามตัวแปร

1. การแปรรูปภาพออกมาในรูปของไดอะแกรม สิ่งใดที่เป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา
2. นิยามสัญลักษณ์ ตัวแปรต่างๆที่สำคัญทางฟิสิกส์ลงบนไดอะแกรมที่สร้างขึ้น
3. โดยทั่วไปแล้วจะต้องวาดระบบอ้างอิงที่แสดงทิศทาง + เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปทางขวาของระบบ หรือแสดงทิศทาง - เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ทางซ้าย
4. ถ้ามีอันตรกิริยาที่สำคัญ ให้วาดองค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อวัตถุ
5. กรณีมีการใช้หลักการอนุรักษ์ต่างๆ เช่น กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ให้วาดเหตุการณ์ก่อนระหว่างและหลังการเปลี่ยนแปลงประกอบ โจทย์เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของระบบด้วย
6. ในแผนภาพไดอะแกรมกำหนดตัวแปรพร้อมทั้งระบุค่าลงไปได้ด้วยพร้อมทั้งระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่าลงไปในแผนภาพด้วย เป้าหมายของตัวแปร
7. สิ่งที่ไม่ทราบค่าโดยเฉพาะตัวแปรที่โจทย์ถามหา นักเรียนต้องรู้ว่าจะสามารถคำนวณหาค่านั้นได้อย่างไร

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหาก่อนทำการหาคำตอบ ต้องทำการแปลข้อความต่าง ๆ ให้เป็นภาษาทางพีชคณิต โดยมีหลักการ ดังนี้

#### สร้างสมการพีชคณิตที่เกี่ยวข้อง

1. กำหนดสมการที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา
  2. สมการที่ใช้เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอย่างไร และสามารถแก้สมการหาคำตอบได้อย่างไร
  3. ระบุสิ่งที่ไม่ทราบค่าในสมการที่เตรียมไว้
  4. อาจจะทำเครื่องหมายในแต่ละสมการเอาไว้เพื่อง่ายและสะดวกในการอ้างอิง
  5. ไม่ควรดำเนินการแก้สมการโดยการแทนค่าตัวเลขลงไปในสมการในขั้นตอนนี้
- ตรวจสอบสมการที่เกี่ยวข้อง
6. พิจารณาว่าแผนแก้ปัญหาที่วางไว้นั้นสามารถหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้
  7. ในกรณีที่สมการที่เตรียมไว้น่าจะแก้ปัญหาไม่ได้ ให้ตัดทิ้งและลองเลือกสมการที่เกี่ยวข้องใหม่



ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการตามแผน หากำตอบจากสมการ แทนค่าลงในสมการ (Execute the plan) ในขั้นนี้มีการคำนวณค่า ดังนี้

1. ใช้พีชคณิตที่เตรียมไว้ในการแก้ปัญหา
2. ในการแก้สมการที่มากกว่าหนึ่งสมการ ควรจะต้องมีการตั้งสมการที่ 1 สมการที่ 2 เพื่อความเข้าใจในการแก้ปัญหา

3. แทนค่าตัวเลขต่าง ๆ ในสมการสุดท้ายที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. ดำเนินการคำนวณหาสิ่งที่ไม่ทราบค่า

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินตรวจสอบคำตอบ ตรวจสอบความผิดพลาด ประเมิน คำตอบที่ได้ถูกต้องเพียงใด (Evaluate the solution) ขั้นสุดท้ายนี้ต้องทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้เมื่อแทนค่าลงไปแล้วเป็นไปได้หรือไม่ คำตอบที่ได้ใช้เหตุผลอะไรอธิบาย จากประสบการณ์หรือที่จำได้ หน่วยที่ได้สอดคล้องกับตัวแปร หรือไม่ คำตอบที่ได้สามารถตอบคำถามได้หรือไม่ ซึ่งสรุปความสำคัญได้ ดังนี้

1. คำตอบที่ได้จากการแก้สมการนั้นเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่
2. คำตอบที่ได้นั้นสมเหตุสมผลหรือไม่
3. คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์หรือไม่ เช่น ถ้าคำตอบเป็นปริมาณเวกเตอร์ควรจะต้องมีการระบุทั้งขนาดและทิศทางในคำตอบ หน่วยที่ได้ถูกต้องหรือไม่ เป็นต้น

Rojas (2010, pp. 22 - 28) กล่าวถึง ลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหาว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่ไม่ทราบค่าและ โจทย์ต้องการรู้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องใช้เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ปัญหาและคาดคะเนคำตอบพิจารณาแยกปัญหาใหญ่ ออกเป็นปัญหาย่อย แล้วคิดอย่างเป็นระบบ โดยนำความรู้ความเข้าใจ ข้อมูลและประสบการณ์เดิมที่เคยศึกษามาแล้วมาคิดแก้ปัญหา คาดคะเนคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องคิดและเขียนในส่วนของกฎ หลักการ แนวคิดหรือสูตรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่สามารถจะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา หรือสร้างกรอบแนวความคิด แผนภาพไดอะแกรมลงไปเพื่อที่นักเรียนจะสามารถอธิบายและสามารถวิเคราะห์ปัญหาในทางฟิสิกส์

ขั้นตอนที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้ในการวางแผนแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับ การพิจารณาว่าปัญหากับสิ่งที่โจทย์ต้องการหาเกี่ยวข้องกับสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร นักเรียนจะต้องวางแผน กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา หรือหลาย ๆ ยุทธวิธีร่วมกัน เพื่อเตรียมนำมาใช้ในการแก้ปัญหา อาจจะกำหนดแผนไว้หลายแผน หากแผนใดไม่ประสบความสำเร็จก็จะสามารถ

ใช้แผนอื่น มาทดแทนได้ เช่น การนำเสนอการที่เกี่ยวข้องมาใช้ และคิดพิจารณาว่าสมการนั้น จะสามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนต้องดำเนินการ แก้ปัญหาตามแผน ที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ได้คำตอบหรือแก้ปัญหาให้ได้ตามแผน

ขั้นตอนที่ 5 พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียน พิสูจน์ ตรวจสอบสมการที่เกี่ยวข้องจากการคำนวณว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดในส่วใดบ้าง และ ถ้าตรวจสอบแล้ว ไม่พบข้อผิดพลาดนักเรียนก็สามารถจะประเมินคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบและประเมินคำตอบ หลังจากตรวจพิสูจน์ความสอดคล้อง ของสมการและได้มาเป็นผลลัพธ์นักเรียนทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้รับว่าสอดคล้องตรงตาม โจทย์ต้องการหรือไม่และจากผลลัพธ์นำไปสู่คำตอบอย่างสมเหตุสมผลเพียงใดหรือไม่และส่งเสริม ให้นักเรียนลองหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่แตกต่างในการแก้ปัญหาเดิมเพื่อเพิ่มความเข้าใจ ที่ดียิ่งขึ้น

วิรัชดา เลิศรมยานันท์ ได้กล่าวถึงรูปแบบกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Polya

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นการคิดเกี่ยวกับปัญหาและตัดสินใจว่าอะไรที่ต้องการ ค้นหา โดยผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนที่สำคัญของปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นการค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูลและตัวไม่รู้ค่า นำความสัมพันธ์ที่ได้มาผสมผสานกับประสบการณ์ กำหนดแนวทาง หรือแผนในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนหรือแนวทางที่วางไว้ อาจตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียด แล้วลงมือปฏิบัติจนได้ความสำเร็จ ถ้าไม่สำเร็จต้องค้นหาและทำการแก้ปัญหานั้นจนสามารถแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล เป็นการมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา เริ่มจาก การตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ มีคำตอบ หรือยุทธวิธีอื่นในการแก้ปัญหานี้หรือไม่

รูปแบบกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Polya ไว้ว่า กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา (George Polya นักคณิตศาสตร์ชาวฮังการี ค.ศ. 1887 - 1985) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาเป็นการสำรวจว่าในปัญหามีคำ หรือวลี หรือประโยคย่อย ๆ อะไรบ้าง มีความหมายอย่างไร แล้วจำแนกเป็นส่วน ๆ ว่า โจทย์กำหนดอะไรให้ สิ่งที่ต้องการหาคืออะไร ข้อมูลที่กำหนดให้มีเงื่อนไขอย่างไรบ้าง

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นการวิเคราะห์รายละเอียดและหาความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่กำหนดกับสิ่งที่ต้องการหา โดยใช้บทนิยาม สมบัติ และทฤษฎีบทต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาก่อนแล้ว ในการพิจารณาอาจใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ได้ข้อสรุปที่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ เช่น การวาดรูปประกอบ การสร้างตารางวิเคราะห์ การแยกสถานการณ์หรือเงื่อนไขเป็นส่วนย่อย ๆ เป็นต้น

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นของการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ และมีการตรวจสอบแต่ละขั้นตอนที่ปฏิบัติว่าถูกต้องหรือไม่

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผลเป็นการตรวจสอบผลที่ได้ในแต่ละขั้นตอนว่าถูกต้องหรือไม่ หรือใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีอื่น ๆ แล้วตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงกันหรือไม่ หรืออาจใช้การประมาณคำตอบอย่างคร่าว ๆ

ครูลิกและเรซ (Krulik & Reys, 1980, pp. 280 - 281) ได้เสนอ ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาไว้ดังนี้

1. ทำความเข้าใจในปัญหา พิจารณาว่า ข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดมาให้มีอะไรบ้าง สิ่งที่โจทย์บอกมานั้นเหมาะสำหรับการแก้ปัญหา
2. วางแผนในการแก้ปัญหา หาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์บอกกับ สิ่งที่ต้องการหา ทฤษฎี กฎ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา
3. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้
4. ตรวจสอบ เป็นขั้นที่ตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาทั้งหมด และได้ผลเป็นไปตามที่ต้องการครบถ้วน หรือไม่

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย (2538, หน้า 55) กล่าวถึง กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจในปัญหา อาจใช้วิธีการต่าง ๆ ช่วยเช่น การเขียนรูปภาพ หรือแผนภูมิ
2. ขั้นวางแผน เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาคด้วยวิธีใดจะแก้  
อย่างไร
3. ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้  
โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน กระทั่งสามารถหาคำตอบได้หรือค้นพบวิธีการแก้ปัญหาใหม่

4. ชั้นตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาองย้อนกลับไปทีขั้นตอนต่าง ๆ ที่ผ่านมา  
 วัชร บวรณสิงห์ (2546, หน้า 181-84) ได้เสนอแนะเทคนิคที่นักเรียนจะนำไปใช้  
 ในแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งมีดังนี้

1. ฟีกการอ่าน การอ่านเนื้อหาหรือ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์จะแตกต่างจาก  
 การอ่านเนื้อหาอื่น ๆ เนื้อหาทางคณิตศาสตร์จะมีคำศัพท์เฉพาะและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์  
 ซึ่งนักเรียนบางคนไม่สามารถจะเข้าใจได้ การให้นักเรียนอ่าน โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์จึงต้องฝึกให้  
 รักรเรียนอ่านช้า ๆ และให้คิดเกี่ยวกับสิ่งที่เขาอ่านด้วย ครูไม่ควรถามนักเรียนว่า “นักเรียนอ่าน โจทย์  
 เรียบร้อยแล้วหรือยัง” ควรใช้ว่า “อ่าน โจทย์ปัญหาให้ครูฟังหน่อยสิสมศรี” “ทุกคนฟังและติดตาม  
 ไปด้วย” ครูต้องสังเกตและแก้ไขว่านักเรียนอ่านได้ถูกต้องหรือไม่ หยุดตามวรรคตอนที่ถูกต้อง  
 หรือไม่ อ่านสัญลักษณ์ถูกต้องหรือไม่ และถามนักเรียนเกี่ยวกับที่เขาอ่าน

2. สอนการใช้ทักษะทางเครื่องมือ บางประการเพื่อช่วยให้เข้าใจ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์  
 ให้ดียิ่งขึ้น ทักษะทางเครื่องมือหมายถึงทักษะที่จะช่วยให้การวางแผนได้ชัดเจน ช่วยในการจัดการ  
 ข้อมูลต่าง ๆ หรือช่วยใช้กลวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง ครูควรสอนเทคนิคบางอย่างที่จะทำ โจทย์  
 ปัญหาคณิตศาสตร์มีความเป็นรูปธรรม และมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล เช่น การทำตาราง  
 การเขียนสมการ การใช้สูตร การใช้การประมาณ การเขียนประโยคสัญลักษณ์ การเขียนภาพ และ  
 การวาดรูปจำลอง การเขียนโครงสร้าง ฯลฯ เทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้ครูควรใช้ระกอบการสอนอยู่เสมอ  
 และชี้ให้นักเรียนเห็นว่า จะช่วยให้เข้าใจ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างไร และฝึกให้นักเรียนนำไปใช้

3. การเปรียบเทียบ โดยใช้การเปรียบเทียบสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนให้ใกล้ตัว  
 ที่นักเรียนเคยประสบการณ์มาก่อน หรือข้อมูลมาก ๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนงุนงมมาเป็นข้อมูลน้อย  
 เมื่อนักเรียนเข้าใจขั้นตอนกระบวนการแล้ว จึงกลับไปฝึกฝนตามสถานการณ์หรือข้อมูลที่แท้จริง  
 ใน โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ต่อไป

4. การฝึกให้นักเรียนระลึกถึง ข้อมูลใน โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กัน  
 หรืออยู่ในแวดวงเดียวกัน

5. ฝึกให้นักเรียนสร้าง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักใช้ภาษา  
 ความรู้ และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนคุ้นเคยและเข้าใจ โจทย์ปัญหา  
 คณิตศาสตร์ได้มากขึ้น การสอนอาจเริ่มจากให้นักเรียนแปลงประโยคสัญลักษณ์ให้เป็นประโยค  
 ภาษา สร้าง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีการกระทำง่ายก่อนที่จะสร้างปัญหาที่มีความยุ่งยาก  
 ซับซ้อนขึ้น หรืออาจจะให้นักเรียนเติมปัญหาที่ครูกำหนดให้บางส่วนให้สมบูรณ์ขึ้น

6. ให้นักเรียนฝึกฝนทำโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้จากที่นักเรียนพบจริง ๆ ในชีวิตประจำวัน หรือไม่หากไม่ได้มาจากสภาพที่นักเรียนพบจริงก็ต้องเป็นสภาพที่นักเรียนนึกถึงได้
7. กระตุ้นให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง
8. แนะนำหรือกระตุ้นให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ใหม่ ๆ โดยใช้วิธีการเดิม หรือใช้เทคนิควิธีการใหม่ ๆ ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เดียวกัน เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาได้หลายวิธีไม่ยึดติดรูปแบบใดแบบหนึ่งโดยเฉพาะ
9. แก้ไขความผิดหรือข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ไม่ควรแก้ไขเพียงให้ได้คำตอบที่ถูกต้องเท่านั้น ครูควรได้อธิบายเทคนิคที่ไม่ถูกต้องที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายความหมายหรือสิ่งที่นักเรียนยังไม่เข้าใจด้วย
10. กระตุ้นให้นักเรียนคิด ตรวจสอบ และพิจารณาข้อบกพร่องหรือแก้ไขข้อที่ผิด ให้นักเรียนอธิบายข้อผิดพลาดและให้หาว่าทำไมถึงผิด หากนักเรียนหาพบและอธิบายข้อผิดพลาดได้ นักเรียนจะเข้าใจได้มากขึ้นและจะไม่ทำสิ่งที่ผิดพลาดนั้นๆอีก
11. ฝึกนิสัยนักเรียนให้วางแผนทั้งหมดก่อนลงมือทำ การวางวางแผนนั้นอาจทำได้โดยใช้การเขียนแผนภาพ การวาดภาพหรือการเขียนความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนด และเน้นให้นักเรียนเห็นว่า กระบวนการที่นักเรียนใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์นั้น สำคัญกว่าคำตอบ
12. จัดหาโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจที่ทำทลายความคิด และให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนมาให้นักเรียนคิดบ่อย ๆ โดยให้นักเรียนใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหา คณิตศาสตร์หลาย ๆ แบบ
13. ก่อนลงมือทำตามแผน ครูควรฝึกให้นักเรียนตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เสียก่อนว่าถูกต้องหรือไม่
14. ฝึกให้นักเรียนประมาณคำตอบหรือหาค่าโดยประมาณ
15. ฝึกให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบที่หาได้ว่าถูกต้องหรือไม่ และตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบเหล่านั้นด้วย
16. ฝึกให้นักเรียนสร้าง โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนจากข้อมูลที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน หรือโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์แปลก ๆ และอาจมีการประกวด การสร้าง โจทย์หรือการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โจทย์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนให้ความสนใจมากขึ้น

ดวงเดือน อ่อนน่วม (2542, หน้า 126 - 133) ได้เสนอแนะเทคนิคบางประการในการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ดังนี้

1. การใช้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หลายระดับโดยที่ครูประเมินโจทย์ไว้หลายระดับ ความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ของเด็กแต่ละคนเพื่อไม่ให้เด็กขาดแรงจูงใจในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ในขณะเดียวกันก็พบความสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เพื่อสร้างแรงจูงใจในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนขึ้น

2. ฝึกเขียนโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ เป็นการฝึกให้เด็กมีความสามารถในการแปลความหมายโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งอยู่ในรูปของประโยคภาษาให้อยู่ในรูปของประโยคสัญลักษณ์

3. การแสดงบทบาทสมมติ จะช่วยให้สภาพสัมพันธ์ของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ดูจริงจังมากขึ้นจะช่วยให้เด็กมองเห็นเงื่อนไข แนวคิด และความสัมพันธ์ต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

4. เขียนแผนภาพ เป็นการวิเคราะห์สภาพการณ์ของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ช่วยลดความเป็นนามธรรมให้น้อยลง และช่วยมองเห็นกลุ่มทางในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวคิดเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์สาระสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา จึงสรุปได้ดังนี้ ปัญหาหมายถึง เหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดอุปสรรค ซึ่งจำเป็นต้องหาสาเหตุและที่มาของปัญหาขั้นตอนการแก้ปัญหาประกอบด้วย การพิจารณาปัญหาให้อยู่ในรูปข้อความหรือรูปภาพ การหาวิธีการแก้ปัญหาโดยการนำทฤษฎี กฎ หรือสูตรมาใช้ การหาผลลัพธ์ และการตรวจสอบผลลัพธ์

#### ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัย

อมรรัตน์ สร้อยสังวาล (2551) ได้พัฒนาวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะและการทดสอบแบบปรับเหมาะ โดยใช้คอมพิวเตอร์ มีวัตถุประสงค์หลัก 4 ประการ 1) เพื่อพัฒนาวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัย โดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะและการทดสอบแบบปรับเหมาะ โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการประเมินสถานะความรู้และแบบการคิดที่ผิด เรื่อง การบวกลบเศษส่วน 2) เพื่อศึกษาคุณภาพของวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น 3) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น และ 4) เพื่อศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ครูผู้สอนและนักเรียน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 6) รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรการจัด

การเรียนการสอนคณิตศาสตร์และการวัดและประเมินผล การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่

- 1) การพัฒนาชุดของข้อสอบ แบบทดสอบแบบเขียนตอบบนกระดาษคำตอบและคลังข้อสอบ
- 2) การพัฒนาชุดของข้อสอบและ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประเมินเชิงวินิจฉัย
- 3) การประเมินเชิงวินิจฉัยสถานะความรู้และแบบการคิดที่ผิดในการบวกลบเศษส่วน และ
- 4) การศึกษาคุณภาพและความคิดเห็นที่มีต่อวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นผลการวิจัย พบว่าวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นสามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์จากแนวคิดทฤษฎีทางพุทธิปัญญา และทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ในการประเมินเชิงวินิจฉัยทางการศึกษาได้อย่างมีคุณภาพ โดยให้ผลการประเมินเชิงวินิจฉัยสถานะความรู้และแบบการคิดที่ผิดที่มีความเที่ยงและความตรง รวมทั้งมีจำนวนข้อสอบและเวลาที่ใช้ในการทดสอบไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพตามเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินความรอบรู้ที่แตกต่างกัน พบว่า มีความเที่ยง ความตรงและจำนวนข้อสอบที่ใช้ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีจำนวนเวลาที่ใช้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้านความคิดเห็นที่มีต่อวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น พบว่า ทั้งครูและนักเรียนมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน โดยเห็นว่าวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นนำไปใช้ได้ไม่ยาก มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้สูง ผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับประโยชน์จากการประเมินมาก ผู้ใช้ชอบและเลือกที่จะได้รับการประเมินหรือใช้วิธีการประเมินที่พัฒนาขึ้นมากกว่าการประเมินโดยใช้การเขียนตอบบนกระดาษคำตอบแบบดั้งเดิม

ทิพย์ ขำอยู่ (2556) ได้ทำการวินิจฉัยทักษะการอ่านภาษาอังกฤษโดยประยุกต์โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ และการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ โดยประยุกต์โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ และใช้การทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับวินิจฉัยพื้นฐานความรู้ทักษะการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับปริญญาตรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ปีการศึกษา 2555 จำนวน 1,763 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดข้อสอบวินิจฉัยทักษะการอ่านภาษาอังกฤษ และ โปรแกรมการ ทดสอบวินิจฉัยแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า วิธีการวินิจฉัยทักษะการอ่านภาษาอังกฤษบนโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วย คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้ประโยชน์จากแนวคิดโมเดลลำดับขั้น คุณลักษณะซึ่งเป็นแนวคิดของทฤษฎีทางปัญญา และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบสำหรับการทดสอบเพื่อวินิจฉัยพื้นฐานความรู้ด้านทักษะการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาระดับปริญญาตรีได้ ผลการประเมิน โดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานมีความสอดคล้องกันคือ วิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการทดสอบเพื่อวินิจฉัยพื้นฐานความรู้ด้านทักษะการอ่านภาษาอังกฤษของนักศึกษาได้

ปรารภณา พลอภิชาติ (2556) ได้พัฒนาคู่มือการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สำหรับครูประถมศึกษา โดยใช้โมเดลข้อสอบและวิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่พบในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ 2) เพื่อสร้างแบบสอบวินิจฉัยโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้โมเดลข้อสอบและวิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ ที่พัฒนาขึ้นด้านความเที่ยง ความตรง ความยาก และอำนาจ จำแนก 3) เพื่อวิเคราะห์จุดแข็ง และจุดอ่อนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก และการลบเศษส่วน และ 4) เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของคู่มือการสร้างแบบสอบวินิจฉัย โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สำหรับครูประถมศึกษาโดยประยุกต์ใช้โมเดลข้อสอบและวิธีลำดับชั้น ของคุณลักษณะ ตัวอย่างวิจัยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 1,252 คน และ 2) ครูคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาที่ได้จากการเลือก แบบเจาะจง จำนวน 13 คน เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบบันทึกการสัมภาษณ์ แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย การวิเคราะห์ เนื้อหา และคำนวณคะแนนเชิงวินิจฉัยโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเบย์ การตรวจสอบคุณภาพ ของแบบสอบวินิจฉัยใช้การ วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยากและอำนาจจำแนก โดยใช้ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ ความตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยงแบบ ความสอดคล้องภายในด้วยวิธีของฮอยท์ และความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจ

ศิลากาญจน์ รุ่งเรือง (2558) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพ แผนการจัดการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของ โพลยากับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามเกณฑ์ 75/75 ศึกษาผลการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการทำงานร่วมกัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของ โพลยากับการจัดการเรียนรู้ แบบร่วมมือกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเทศบาลประตูลี้ สังกัดเทศบาล เมืองลำพูนอำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 26 คน ซึ่งได้ มาจากการเลือกตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1)แผนการจัด การเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา กับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือในเรื่อง บทประยุกต์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 16 แผน ใช้เวลาแผนละ 1 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และ 3) แบบประเมินทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 6 จากการจัดการเรียนรู้การพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ และ



วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้คะแนนเฉลี่ย และค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมทั้งผลทดสอบสมมติฐาน ใช้ค่า  $t$ -test ผลการวิจัย พบว่า

1. แผนการจัดการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหของโพลยาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ 78.70/ 77.50 และมีลำดับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน คือ

- 1) ขั้นทำความเข้าใจในปัญหา
- 2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา
- 3) ขั้นดำเนินการตามแผน
- 4) ขั้นตรวจสอบผลสามารถพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์และทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

2. ผลการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหของโพลยาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหของโพลยาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และหลังเรียนเท่ากับ 54.38 และ 93.00 ตามลำดับ และสูงกว่าคะแนนเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากการจัดการเรียนรู้การพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหของโพลยาร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ พบว่า นักเรียนมีทักษะการทำงานร่วมกันอยู่ในระดับดี

ทิวาพร รักศิลป์ (2553) การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหา ร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน ฉบับ คือ ฉบับที่ การคำนวณเกี่ยวกับร้อยละ โจทย์ร้อยละ ฉบับที่ การแก้โจทย์ปัญหา ร้อยละเกี่ยวกับกำไร และขาดทุนฉบับที่ การแก้โจทย์ปัญหาร้อยละเกี่ยวกับการซื้อขาย ฉบับที่ โจทย์ปัญหาร้อยละ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษา จำนวน 1,004 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi - stage random sampling) วิธีดำเนินการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย ได้สร้างแบบทดสอบแบบอัตนัยเพื่อศึกษาข้อบกพร่อง นำมาสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย โดยทำการทดสอบครั้ง การทดสอบ ครั้งที่และเพื่อการปรับปรุง คัดเลือกข้อสอบรายชื่อ และหาคุณภาพ โดยรวมของแบบทดสอบ การทดสอบครั้งที่เพื่อหาความตรงตามโครงสร้าง และการทดสอบครั้งที่เพื่อหาความตรงตามสภาพ สำหรับค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจฉัยทั้งสี่ฉบับ จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ผลปรากฏว่า แบบทดสอบวินิจฉัยทั้งสี่ฉบับ

เป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพสามารถวัดข้อบกพร่องเรื่องร้อยละได้จริง ซึ่งสามารถแยกผู้ที่มีความบกพร่องและผู้ไม่มีความบกพร่องได้จริง ความตรงตามสภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยทั้งสี่ฉบับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันพบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยทั้งสี่ฉบับ มีความตรงตามสภาพในระดับสูง ส่วนการวิเคราะห์จุดบกพร่องของนักเรียนในการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยทั้งสี่ฉบับ พบว่า นักเรียนมีความบกพร่องในการแปลความหมาย โจทย์ผิดมากที่สุด

Griffard and Wandersee (2001) ได้ตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยที่พัฒนาเครื่องมือ โดย Haslam and Treagust ในปี ค.ศ. 1987 ในเรื่องการสังเคราะห์แสง ในการทดสอบเขาได้ให้นักเรียนสามารถพูดหรือคิดออกมาดัง ๆ ได้ ในขณะที่ทำแบบทดสอบ พวกเขาพบว่า เสียงสามารถหันเหความสนใจของนักเรียนในระหว่างทำข้อสอบ และการใช้เสียงเกินความจำเป็นจะให้นักเรียนเกิดข้อผิดพลาด นอกจากนี้การใช้เสียงเกินความจำเป็นก็ยังเป็นสาเหตุให้เกินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนใหม่แก่นักเรียน ในการทำแบบทดสอบส่วนแรกเป็นข้อสอบปรนัย และส่วนที่สองเป็นเหตุผลในการตอบนั้น ทำให้การทดสอบสองชั้นดูเหมือนจะเป็นการวัด ทักษะการทำข้อสอบของนักเรียนมากกว่าการวัดความรู้ในตัวนักเรียน และนอกจากนี้ ความรู้สึกของนักเรียนก็มีผลต่อการทำแบบทดสอบเช่นกัน จากการวิเคราะห์พบว่า สัดส่วนของมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนจากการวินิจฉัยของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นสูงมากเกินไป ที่เป็นเช่นนี้เพราะแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นไม่สามารถแยกการขาดความรู้ออกจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น การทดสอบชั้นที่สามจึงเป็นในการทำให้แน่ใจว่าในการตอบผิดในสองชั้นแรกเกิดจากความผิดพลาดหรือเกิดจากการขาดความรู้

Leighton et al. (2012) ได้ศึกษาเรื่อง ความเชื่อของครู (Teacher beliefs) เกี่ยวกับข้อมูลเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่ได้จากแบบสอบที่ใช้ในห้องเรียน (Classroom tests) เปรียบเทียบแบบสอบที่ใช้ในการสอบขนาดใหญ่ (Large - scale tests) โดยเป็นการแสดงการรู้เรื่องการประเมิน (Assessment literacy) ของครูวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือเพื่อสำรวจความเชื่อของครูเกี่ยวกับแบบสอบที่ใช้ในห้องเรียนและแบบสอบที่ใช้ในการสอบขนาดใหญ่ในประเด็นต่อไปนี้ 1) การให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการการเรียนรู้ของนักเรียน (Learning process) 2) ผลของการเรียนรู้ของนักเรียนที่สำคัญ 3) การนำเสนอกลยุทธ์ของการเรียนรู้หรือกลยุทธ์ของการสอบ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูที่สอนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามเพื่อสำรวจความเชื่อของครูเกี่ยวกับแบบสอบที่ใช้ในห้องเรียนและแบบสอบที่ใช้ในการสอบขนาดใหญ่ โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนละ 3 ประเด็นที่เกี่ยวกับการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ประกอบด้วย กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน (กระบวนการ) 2) ผลของการเรียนรู้

ที่สำคัญ (ผลที่สำคัญ) และ 3) กลยุทธ์ของการเรียนรู้หรือกลยุทธ์ของการสอบ (การเตรียมความพร้อม) ค่าความเที่ยงระหว่าง .737 - .927 ผลการวิจัยพบว่า 1) ครูเชื่อว่าการประเมินผลในห้องเรียน (Classroom assessments) ให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการการเรียนรู้มากกว่าการประเมินผลในระดับขนาดใหญ่ (Large - scale assessments) 2) ครูเชื่อว่าแบบสอบในห้องเรียน (Classroom tests) มีความสำคัญสำหรับการเรียนรู้มากกว่าแบบสอบขนาดใหญ่ (Large - scale tests) และ 3) ครูเชื่อว่าการใช้กลยุทธ์ในการเรียนรู้ สามารถช่วยให้นักเรียนเตรียมตัวสอบได้ดีกว่ากลยุทธ์ที่ใช้ในการสอบ

Cui, Gierl และ Chang (2012) ได้พัฒนาดัชนีความสอดคล้องในการจำแนก (Classification consistency index) และดัชนีความถูกต้องในการจำแนก (Classification accuracy index) ที่ใช้ในการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา พร้อมทั้งได้แสดงตัวอย่างของการนำดัชนีตัวใหม่ไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงที่ได้มาจากแบบสอบเรื่องการลบเศษส่วนของ Tatsuoka ในปี ค.ศ. 1990 (Tatsuoka, 1990) โดยแบบสอบมีจำนวน 20 ข้อ วัดคุณลักษณะทั้งหมด 8 คุณลักษณะ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ นักเรียน จำนวน 532 คน นอกจากนี้ยังใช้การจำลองข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินความสามารถและคุณสมบัติการแจกแจงการของดัชนีทั้งสองตัว มีรายละเอียด ดังนี้

ดัชนีความสอดคล้องในการจำแนก (Classification consistency) หมายถึง ระดับของการจำแนกที่ยอมรับบนพื้นฐานของแบบสอบสองฉบับที่เป็นอิสระต่อกัน หรือแบบสอบสองฉบับที่คู่ขนานกัน แทนด้วย  $P_c$  ซึ่งหมายถึง ความน่าจะเป็นของความสอดคล้องในการจำแนกนักเรียนที่ถูกเลือกมาอย่างสุ่ม ซึ่ง  $P_c$  จะให้ค่าดัชนีความสอดคล้องของการจำแนกสำหรับแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิ ปัญญา ดัชนีความถูกต้องในการจำแนก (Accuracy consistency) หมายถึง ระดับของการจำแนก ชั้นแฝงของนักเรียนที่อยู่บนพื้นฐานของรูปแบบการตอบข้อสอบเชิงประจักษ์ของนักเรียน (Observed item response patterns) ที่ยอมรับด้วยชั้นแฝงจริงของนักเรียน (True latent class) แทนด้วย  $P_a$  ซึ่งหมายถึง ความน่าจะเป็นของความถูกต้องในการจำแนกนักเรียนที่ถูกเลือกมาอย่างสุ่มโดยขึ้นอยู่กับ รูปแบบการตอบข้อสอบของนักเรียน ซึ่ง  $P_a$  จะให้ค่าดัชนีความถูกต้องของการจำแนกสำหรับแบบ สอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ผลการวิจัยสำหรับผลของการนำดัชนีไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริงพบว่า แบบสอบเรื่องการลบ เศษส่วนมีความน่าจะเป็นของความสอดคล้องในการจำแนกนักเรียนที่ถูกเลือกมาอย่างสุ่มคิดเป็นร้อยละ 52 และความน่าจะเป็นของความถูกต้องในการจำแนกนักเรียนที่ถูกเลือกมาอย่างสุ่มเข้าไปในชั้น จริง (True class) คิดเป็นร้อยละ 68 และผลของการประเมินความสามารถของดัชนีทั้งสองตัวการจำลองข้อมูล โดยใช้โมเดล DINA เป็นตัวอย่างในการนำเสนอพบว่า ดัชนีทั้งสองตัวสามารถจำแนกได้ดี ด้วยแบบสอบ

เชิงวินิจฉัยที่จำลองขึ้นในสถานการณ์ต่าง ๆ และคุณสมบัติของการแจกแจงของดัชนีทั้งสองตัว  
เหมาะกับขนาดตัวอย่างประมาณ 100 - 1,000 คน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า  
แบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้น โดยใช้วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ เป็นแบบสอบที่มีจำนวนข้อไม่มาก  
แต่สามารถครอบคลุมเนื้อหาได้ทั้งหมด สร้างโดยมีขั้นตอนที่ชัดเจน โดยกำหนดความสัมพันธ์  
ที่เป็นลำดับชั้นใช้โครงสร้างเครือข่าย เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ก่อนหลังของคุณลักษณะ  
ซึ่งแตกต่างจากวินิจฉัยในอดีตที่สร้างให้ข้อสอบมีจำนวนมาก ซึ่งอาจทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย  
ในการทำข้อสอบ และใช้วิธีการเดาข้อสอบได้ ผู้วิจัยจึงนำวิธีลำดับชั้นคุณลักษณะมาใช้ในการสร้าง  
แบบสอบวินิจฉัย เพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียน

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้ 1) เพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) เพื่อสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะและให้มีคุณภาพด้านค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความตรงและความเที่ยง โดยการวิจัย แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ศึกษารูปแบบข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตอนที่ 2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ ตอนที่ 3 การวิเคราะห์จุดอ่อนจุดแข็งของนักเรียน มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

#### ตอนที่ 1 ศึกษารูปแบบข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

การดำเนินการวิจัยในขณะนี้ เป็นระยะที่ศึกษาข้อบกพร่องเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีขั้นตอนดังนี้

1. สัมภาษณ์ครูที่สอนรายวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดระยอง เกี่ยวกับข้อบกพร่องการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามข้อคำถามที่ตั้งไว้
2. รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ครูฟิสิกส์ สรุปประเด็นที่เกี่ยวกับข้อบกพร่องเกี่ยวกับการเรียนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อใช้ในการกำหนดเนื้อหา
3. นำข้อมูลที่ได้ไปใช้สร้างแบบสอบวินิจฉัยในขั้นตอนที่ 2 เพื่อนำไปกำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการวินิจฉัยข้อบกพร่องการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

#### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 5 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเป็นครูสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน(สพฐ.) สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดระยอง มีประสบการณ์สอนรายวิชาฟิสิกส์ ไม่น้อยกว่า 15 ปี

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ คือ แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อบกพร่องเกี่ยวกับการแก้ไขข้อผิดพลาดฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการสัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ดังนี้

1.1 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.2 หนังสือเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เรื่อง การเคลื่อนที่ สนามของแรง คลื่น กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์

1.3 คู่มือครูรายวิชา ฟิสิกส์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เรื่อง การเคลื่อนที่ สนามของแรง คลื่น กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์

1.4 คู่มือประกอบการเรียนการสอนของสำนักพิมพ์ต่างๆ

2. สร้างแบบสัมภาษณ์ โดยมี 2 ประเด็นหลัก

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับข้อบกพร่องและสาเหตุเกี่ยวกับการเรียนวิชาฟิสิกส์

2.2 หน่วยการเรียนรู้ที่มีความบกพร่องมากที่สุด โดยมีหน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

2.2.1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่

2.2.2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องสนามของแรง

2.2.3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องคลื่น

2.2.4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องกัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เกี่ยวกับข้อบกพร่องและหน่วยการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ที่มีข้อบกพร่องมากที่สุด ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และวิเคราะห์ความถี่ (Frequency)

## ตอนที่ 2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยข้อบ่งการแก้โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับชั้นของ คุณลักษณะ

การดำเนินการสร้างแบบสอบวินิจฉัยข้อบ่งการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์  
โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ มีวิธีการดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ  
รวมทั้งฐานข้อมูลต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ต ที่เกี่ยวกับการใช้โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ  
และศึกษาเนื้อหาเรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

2. นำเนื้อหาที่กำหนดคุณลักษณะ จัดเรียงลำดับคุณลักษณะและจัดทำแผนภาพ  
คุณลักษณะ โดยใช้โครงสร้างเครือข่าย (Network structure) เป็น โครงสร้างลำดับชั้นเชิงลู่ออก  
(Hierarchy with a divergent branch) มีลักษณะเป็นสัมพันธ์ที่แยกออกเป็น 2 ทาง ไม่มีจุดสิ้นสุด  
จุดเดียวกัน ตามความสัมพันธ์ลำดับชั้นก่อนและหลัง ตรวจสอบคุณลักษณะและแผนภาพ  
คุณลักษณะ โดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (ภาคผนวก ก)

3. กำหนดเมทริกซ์เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย ดังนี้ 1) กำหนด Binary  
adjacency matrix (A) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางตรงระหว่างคุณลักษณะ 2) กำหนด Reachability  
matrix (R) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมระหว่างคุณลักษณะ 3) กำหนด Incidence  
matrix (Q) แสดงชุดข้อสอบ คุณลักษณะในการทำข้อสอบแต่ละข้อให้ถูกต้อง และกำหนด  
ขนาดของข้อสอบ และ 4) กำหนด Reduced Q Matrix ( $Q_r$ ) เพื่อลดจำนวนชุดข้อสอบที่เป็นไปได้  
ตามเงื่อนไขของลำดับชั้นที่กำหนดจากเมทริกซ์ Q จะได้ว่าชุดของข้อสอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไข  
ลำดับชั้น

4. ดำเนินการสร้างแบบสอบวินิจฉัยตาม Reduced Q Matrix ( $Q_r$ ) โดยข้อสอบจะเน้น  
การอ่านโจทย์ วิเคราะห์ความหมายตัวแปรของโจทย์ และให้คะแนนแบบ 0,1 ตามที่กำหนด  
ในเมทริกซ์  $Q_r$

5. จาก Reduced Q Matrix ( $Q_r$ ) กำหนดเมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected  
response matrix) คุณลักษณะของผู้สอบ (Examinee attributes) ในแต่ละแบบแผนการตอบข้อสอบ  
จาก Reduced Q Matrix ( $Q_r$ )

6. ตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัย โดยนำแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหา  
ฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ตามวิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะมาตรวจสอบความตรง  
เชิงเนื้อหา (Content validity) และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

7. นำแบบสอบวินิจฉัยไปทดลองใช้เพื่อหาคุณภาพของแบบสอบด้านความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (Internal consistency)

8. นำแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ตามวิธีลำดับขั้นคุณลักษณะที่ผ่าน การทดลองใช้แล้ว ไปใช้เก็บข้อมูลจริง เพื่อตรวจสอบคุณภาพ และวิเคราะห์แบบทดสอบวินิจฉัยตามทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (Item response theory: IRT) โดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์

9. นำผลการทำแบบสอบวินิจฉัยมาวิเคราะห์ข้อบกพร่อง จุดอ่อนและจุดแข็ง ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ตามวิธีลำดับขั้นคุณลักษณะ

### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมัธยมศึกษา ในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดระยอง จำนวน 8 อำเภอ 19 โรงเรียน ดังนี้ โรงเรียน วัดป่าประดู่ โรงเรียนระยองวิทยาคม โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา โรงเรียนเพ็รชฌมาตาวิทยา โรงเรียนมาบตาพุดพันพิทยาคาร โรงเรียนระยองวิทยาคม นิคมอุตสาหกรรม โรงเรียน ระยองวิทยาคมปากน้ำ โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ระยอง โรงเรียนบ้านค่าย โรงเรียนปลวกแดงพิทยาคม โรงเรียนนิคมวิทยา โรงเรียนแกลง(วิทยสถาวร) โรงเรียนห้วยยางศึกษา โรงเรียนวังจันทร์วิทยา โรงเรียนเขาชะเมาวิทยา โรงเรียนชำนาญสามัคคีวิทยา โรงเรียน สุนทรภู่พิทยา โรงเรียนมกุฎเมืองราชวิทยาลัย โรงเรียนชำมือพิทยาคม รวมจำนวนนักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั้งหมด 3,486 คน

### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการ จังหวัดระยองที่ได้จากการสุ่มจากโรงเรียนทั้งหมด 19 โรงเรียน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Sample random sampling) จำนวน 8 โรงเรียน โรงเรียนละ 45 คน รวมทั้งสิ้นเป็น 360 คน จากโปรแกรม G\*Power 3.1 การเลือกวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ  $t$  - test เลือกวิธีการวิเคราะห์อำนาจการทดสอบด้วย Correlation point biserial model ค่าอิทธิพล (Effect size)  $|p| = 0.2$  ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนในการทดสอบ ประเภทที่หนึ่ง  $\alpha = .05$  อำนาจการทดสอบ  $(1 - \beta) = .95$

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองและจัดส่งทางไปรษณีย์ โดยดำเนินการดังนี้



1. ทำหนังสือขออนุญาตและขอความอนุเคราะห์จากผู้บริหารสถานศึกษาในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ผู้วิจัยโทรศัพท์ติดต่อกับครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมอธิบายขั้นตอนในการเก็บข้อมูลอย่างละเอียด และนัดหมายวันส่งแบบสอบถามวิจัย
3. ผู้วิจัยจัดส่งแบบสอบถามวิจัยทางไปรษณีย์ หรือ เก็บข้อมูลด้วยตนเอง พร้อมแบบขั้นตอนขั้นตอนในการเก็บข้อมูลอย่างละเอียด

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามวิจัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ เป็นข้อสอบแบบเติมคำตอบ จำนวน 13 ข้อ โดยให้คะแนน 0, 1

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ซึ่งพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ และนำคะแนนมาหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Item objective congruence: IOC) ข้อใดมี IOC สูงกว่า .50 ถือว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ มีสูตรดังนี้

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะของข้อสอบที่ได้จาก (Q - matrix)

$\sum R$  คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

$N$  คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2. การวิเคราะห์ความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ตามทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (Item response theory) โดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรง ให้คะแนนสองค่า โดยใช้โมเดลการตอบสนองแบบ 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ พารามิเตอร์ค่าความยาก (b) ด้วยโปรแกรม IRT PRO3 Student version

3. การวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบถามวิจัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ด้านความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (Internal consistency) ด้วยวิธีของฮอยท์ (Hoyt's reliability) มีสูตรคำนวณดังนี้

$$r_{xx'} = 1 - \frac{MS_{residual}}{MS_{persons}}$$

เมื่อ  $r_{xx'}$  คือ สัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบสอบ

$MS_{residual}$  คือ ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อน

$MS_{persons}$  คือ ความแปรปรวนของคะแนนผู้สอบ

4. การตรวจสอบความสอดคล้องรูปแบบการตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected response patterns) กับรูปแบบการตอบข้อสอบจริง (Actual item response patterns) ด้วยดัชนี HCI<sub>i</sub> เพื่อวัดระดับของรูปแบบการตอบข้อสอบสังเกตได้ (Observed examinee response pattern) ที่สอดคล้องกับลำดับขั้นของคุณลักษณะ มีสูตรคำนวณดังนี้

$$HCI_i = 1 - \frac{2 \sum_{j \in S_{correct_i}} \sum_{g \in S_j} X_{ij}(1 - X_{ig})}{N_{c_i}}$$

เมื่อ  $S_{correct_i}$  คือ ผลรวมจำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบได้ถูกต้อง

$X_{ij}$  คือ คะแนนของผู้สอบคนที่  $i$  ได้คะแนน (1 หรือ 0) ในข้อที่  $j$

$S_j$  คือ ผลรวมของข้อที่เป็นส่วนหนึ่งของคุณลักษณะ (Subset of attribute) ที่ต้องการวัดในข้อ  $j$

$N_{c_i}$  คือ จำนวนรวมในข้อที่เปรียบเทียบสำหรับข้อที่ตอบถูกต้องทั้งหมด โดยผู้สอบคนที่  $i$

### ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์จุดอ่อนจุดแข็งของนักเรียน

การดำเนินการวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็ง เป็นการนำผลการตอบข้อสอบของนักเรียนจำนวน 360 คน มาวิเคราะห์คะแนนเชิงวินิจฉัยโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเบย์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่สร้างขึ้น โดยนำ 100 ไปคูณกับความน่าจะเป็นของความรอบรู้เพื่อทำให้เป็นร้อยละ สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการวินิจฉัยจุดแข็งจุดอ่อนของนักเรียนเป็นรายคุณลักษณะใช้เกณฑ์ของ Griel, Wang และ Zhou (2008) ดังนี้

ร้อยละ 0 - 40 หมายถึง นักเรียนขาดความรู้ในคุณลักษณะนั้น ๆ กล่าวคือ นักเรียนมีโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในคุณลักษณะนั้น ๆ

ร้อยละ 41 - 60 หมายถึง นักเรียนมีความรู้บางส่วนในคุณลักษณะนั้น ๆ กล่าวคือ เมื่อนักเรียนทำข้อสอบที่วัดคุณลักษณะเดียวกัน บางครั้ง อาจจะทำถูก บางครั้งอาจจะทำผิด แต่ผิดเพราะยังไม่เข้าใจอย่างชัดเจนยังมีโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแฝงอยู่

ร้อยละ 61 – 100 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ในคุณลักษณะนั้น ๆ อย่างชัดเจน  
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง  
การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ที่มีการตรวจให้คะแนนแบบ 0,1 โดยเป็นแบบสอบอัตนัย 13 ข้อ  
การวิเคราะห์ข้อมูล

การการคำนวณคะแนนเชิงวินิจฉัยในรูปความน่าจะเป็นของความรอบรู้  
ในแต่ละคุณลักษณะ (Attribute probabilities) ตามวิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะที่ประยุกต์ใช้ทฤษฎี  
ของเบย์ (Baye's theorem) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel มีรูปแบบดังนี้

กำหนดให้  $A_i$  แทนด้วย คุณลักษณะที่  $i$  โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 8$

$A_{i,j}$  แทนด้วย คุณลักษณะที่  $i$  ของข้อสอบข้อที่  $j$  โดยที่  $i = 1, 2, 3, \dots, 8$

และ  $j = 1, 2, 3, \dots, 13$

$P(A_i | \text{Information}) = \sum_{j=1}^{17} P(A_{i,j} | \text{Information})$  (เนื่องจาก  $P(A) = \sum_{i=1}^n P(A_i)$ )

โดยที่  $P(A_i | \text{Information})$  คือ ความน่าจะเป็นความรอบรู้ของคุณลักษณะที่  $i$

เมื่อทราบข้อมูลการตอบข้อสอบของนักเรียนและ โอกาส  
ในการตอบถูกและตอบผิดซึ่งเรียกว่า น้ำหนัก (weight)

Information คือ ข้อมูลการตอบข้อสอบเป็นรายชื่อของนักเรียน (Response)  
ซึ่งข้อมูลนี้เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการเก็บรวบรวมมา  
และโอกาสในการตอบถูกคิดเป็นร้อยละ 50 และโอกาส  
ในการตอบผิดคิดเป็นร้อยละ 50 เช่นกัน เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัย  
สมมติขึ้นมา (Assume) เรียกว่า น้ำหนัก

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาพีสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงโดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดระยอง โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาพีสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) เพื่อสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ และตรวจสอบคุณภาพด้าน ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความตรง และความเที่ยง และ3) เพื่อวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาพีสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยมีขั้นตอนเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องการเรียนรู้วิชาพีสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตอนที่ 2 ผลการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาพีสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาพีสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

#### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อความเข้าใจในการเสนอและเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

$a$  แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ)

$b$  แทน ค่าความยากของข้อสอบ (ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ)

$p$  แทน ค่าความยากของข้อสอบ (ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม)

$r$  แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม)

$x^2$  แทน สถิติทดสอบไคส์แควร์

$\theta$  แทน ความสามารถ

IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence)

SE( $\theta$ ) แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสำหรับผู้ตอบ  
ที่มีระดับ ความสามารถ  $\theta$

Df แทน องศาอิสระ

## ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องเกี่ยวกับการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการสัมภาษณ์ครูที่สอนรายวิชาฟิสิกส์ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดระยอง เกี่ยวกับข้อบกพร่องการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ รวบรวมข้อมูลและสรุปประเด็นที่เกี่ยวกับข้อบกพร่องเกี่ยวกับการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

### 1. ผลการสัมภาษณ์ครูผู้สอน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 5 คน เกี่ยวกับข้อบกพร่องการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ความหมายของโจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์ให้มา สิ่งที่โจทย์ต้องการ ไม่สามารถเปลี่ยนสิ่งที่โจทย์ให้และสิ่งที่โจทย์ถามเป็นตัวแปร จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถแทนค่าในตัวแปร และไม่สามารถคำนวณค่าต่าง ๆ ได้ ผลการสัมภาษณ์ ดังตารางที่ 4 - 1

ตารางที่ 4 - 1 ผลการสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับข้อบกพร่องการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

คนที่	ข้อบกพร่อง
1	“นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ได้ จึงเลือกใช้สูตรไม่ตรงและไม่สามารถพลิกแพลงนำสูตรมาคิดแปลงได้ โจทย์ยาวทำให้นักเรียนไม่อ่านโจทย์ และไม่ยอมทำ บางครั้งนักเรียนอ่าน โจทย์และวิเคราะห์โจทย์ได้ แต่ไม่สามารถคำนวณได้”
2	“นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้ว่า โจทย์ต้องการหาอะไร ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำค่าที่ โจทย์กำหนดมาให้ไปแทนค่าในสมการ เพื่อหาคำตอบได้”
3	“นักเรียนมีพื้นฐานคณิตศาสตร์ค่อนข้างน้อย มีปัญหาเรื่องการย้ายข้างสมการ นักเรียนวิเคราะห์โจทย์ที่ให้มาไม่ได้ เมื่ออ่าน โจทย์แล้วนักเรียนไม่เข้าใจว่า โจทย์ต้องการให้หาอะไร”

ตารางที่ 4 - 1 (ต่อ)

คนที่	ข้อบกพร่อง
4	“นักเรียนมีปัญหาในการตีโจทย์ ไม่สามารถตีความสิ่งที่โจทย์ให้มาเป็นตัวแปรได้ หรืออาจจะตีความผิดพลาดเมื่อโจทย์ใช้คำลวง ทำให้เมื่อต้องนำค่าไปแทนตัวแปรลงในสูตรการคำนวณจึงมักเกิดความผิดพลาด”
5	“นักเรียนขาดการอ่านโจทย์ปัญหาให้ละเอียดถี่ถ้วน วิเคราะห์โจทย์ไม่ได้ ไม่รู้ว่าโจทย์ถามหาอะไร หรือให้อะไรมา และที่สำคัญนักเรียนมีปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ ไม่สามารถคำนวณคำตอบได้อย่างถูกต้อง”

จากการสัมภาษณ์ข้อบกพร่องเกี่ยวกับการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถแบ่งเป็น 3 ด้าน ดังนี้ 1) การอ่านและตีความโจทย์ 2) วิเคราะห์ความหมายสัญลักษณ์ของตัวแปรของโจทย์ 3) การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ข้อบกพร่องการเรียนวิชาฟิสิกส์ทั้ง 3 ด้าน ผู้วิจัยจะนำไปใช้ในการเขียนลำดับขั้นคุณลักษณะ

## 2. ผลการศึกษาหน่วยการเรียนรู้ที่พบข้อบกพร่องเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

จากการศึกษาหน่วยการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่ามีทั้งหมด 4 หน่วยการเรียนรู้ คือ 1) การเคลื่อนที่ 2) สนามของแรง 3) คลื่น 4) กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาว่าหน่วยการเรียนรู้ใดที่บกพร่องมากที่สุด โดยสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 5 ท่าน พบว่าหน่วยการเรียนรู้ที่มีความบกพร่องมี 4 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้ 1) การเคลื่อนที่ 2) สนามของแรง 3) คลื่น 4) กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ โดยหน่วยการเรียนรู้ที่บกพร่องมากที่สุดคือ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่ ดังตารางที่ 4 - 2

ตารางที่ 4 - 2 หน่วยการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่บกพร่องมากที่สุด

หน่วยการเรียนรู้	ความถี่
1. การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง	5
2. สนามของแรง	3
3. คลื่น	1
4. กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์	1

จากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยสามารถสรุปข้อบกพร่องแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้ 1) การอ่านและตีความโจทย์ 2) วิเคราะห์ความหมายสัญลักษณ์ของตัวแปรของโจทย์ และ 3) การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยหน่วยการเรียนรู้ที่บกพร่องมากที่สุด คือ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ดังนั้นเนื้อหาที่ผู้วิจัยกำหนดนำไปสร้างแบบสอบวินิจฉัย คือ โจทย์ปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

## ตอนที่ 2 ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

### 1. ผลการสร้างแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

ผลการสร้างแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ ผู้วิจัยได้นำเสนอขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

#### 1.1 การกำหนดเนื้อหา

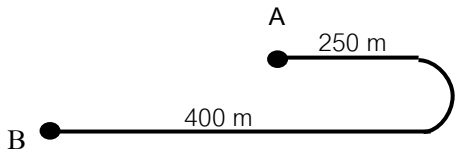
การกำหนดเนื้อหาได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องของแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งฐานข้อมูลต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ต ที่เกี่ยวกับการใช้โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะและเนื้อหาที่ใช้ คือ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง จากหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และหนังสือแบบฝึกหัดที่มีจำหน่ายทั่วไป โดยเนื้อหาที่เลือกมานั้น เป็นเนื้อหาที่นักเรียนมีจุดบกพร่องมากที่สุด

ผู้วิจัยกำหนดเนื้อหาที่ไม่ซับซ้อนจนเกินไป เพื่อให้ได้โจทย์ปัญหาที่มีจำนวนไม่มากจนเกินไป และได้คุณลักษณะที่เหมาะสม หากเนื้อหาซับซ้อนจะทำให้ได้คุณลักษณะจำนวนมากส่งผลให้จำนวนข้อสอบมากขึ้น การไล่คุณลักษณะในโมเดลอาจไม่ถูกต้องหรือไม่ครบถ้วนนักเรียนอาจเบื่อ ความเบื่อหน่ายในการทำข้อสอบทำให้เกิดการเดาข้อสอบและไม่ผ่านกระบวนการคิด ทำให้ผลการตอบข้อสอบเกิดความคลาดเคลื่อนได้

นำเนื้อหาที่กำหนดมาเรียบเรียงและถอดแบบการคิดจากโจทย์ปัญหาฟิสิกส์จากแบบเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และหนังสือแบบฝึกหัดที่มีจำหน่ายทั่วไป เรื่อง การที่แนวเส้นตรง เพื่อนำมากำหนดเป็นคุณลักษณะ โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 3 ท่าน 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน ร่วมพิจารณา

เนื้อหา เพื่อให้คุณลักษณะที่ถูกต้องและสมบูรณ์ ตัวอย่างการถอดแบบการคิดจากโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ดังตารางที่ 4 - 3

ตารางที่ 4 - 3 ตัวอย่างการถอดแบบการคิดจากโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

โจทย์ปัญหา	คุณลักษณะที่ใช้ในการแก้ปัญหา
<p>1. โจทย์ปัญหาการหาการกระจัดและระยะทาง</p> <p>เด็กคนหนึ่งวิ่งจากจุดเริ่มต้นที่ตำแหน่ง A แล้ววิ่งไปยังตำแหน่ง B ระยะทางและการกระจัดของเด็กคนนี้มีค่าเป็นกี่เมตร</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การอ่าน โจทย์ปัญหา</li> <li>- การวิเคราะห์ห้สัญลักษณ์ตัวแปร</li> <li>- การคำนวณหาระยะทาง และ การกระจัด</li> </ul>
<p>ตัวแปร ระยะทาง คือ <math>S</math> , การกระจัด คือ <math>\vec{S}</math></p> <p>วิธีคิด การหาระยะทาง <math>S = 250 + 400 = 650</math> m</p> <p>การหาการกระจัด <math>\vec{S} = 400 - 250 = 150</math> m</p> <p>คำตอบ ระยะทางและการกระจัดมีค่า 650 เมตร และ 150 เมตร</p>	
<p>2. การหาการกระจัดและความเร็ว</p> <p>หนูแดงวิ่งรอบสนามกีฬา ซึ่งมีความยาวรอบสนาม 400 เมตร หนูแดงวิ่งทั้งหมด 10 รอบ ใช้เวลา 10 วินาที จงหาการกระจัดและความเร็ว</p> <p>ตัวแปร ระยะทาง คือ <math>S = 400</math> เมตร</p> <p>จำนวนรอบ คือ <math>N = 10</math> รอบ</p> <p>เวลา คือ <math>t = 10</math> วินาที</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การอ่าน โจทย์ปัญหา</li> <li>- การวิเคราะห์ห้สัญลักษณ์ตัวแปร</li> <li>- การคำนวณหาการกระจัด และความเร็ว</li> </ul>



ตารางที่ 4 - 3 (ต่อ)

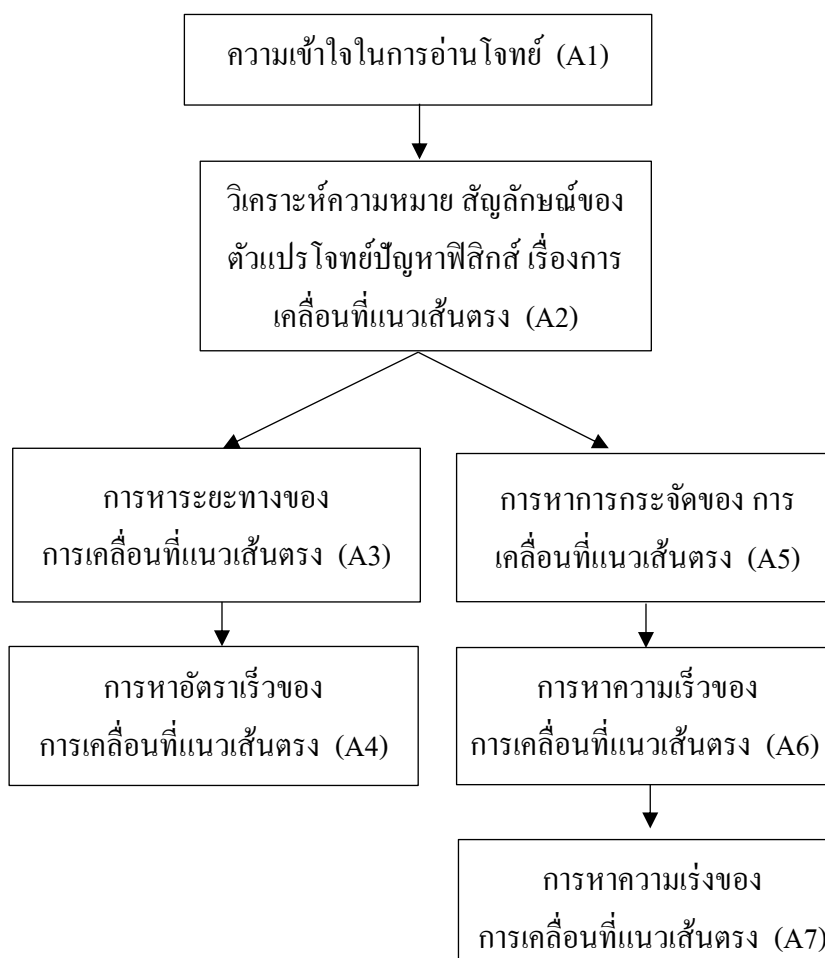
โจทย์ปัญหา	คุณลักษณะที่ใช้ในการแก้ปัญหา
<p><u>วิธีคิด</u> การหาการกระจัด <math>\vec{S} = 0</math> (กลับมาหยุดที่จุดเดิม)</p> <p>การหาความเร็ว จากสมการ <math>\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}</math></p> $= \frac{0}{10}$ $= 0 \text{ m/s}$ <p><u>คำตอบ</u> การกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้มีค่าเป็น 0 เมตร และความเร็วของวัตถุมีค่าเป็น 0 เมตร/วินาที</p>	
<p><b>3. การหาระยะทางและอัตราเร็ว</b></p> <p>เด็กคนหนึ่งเดินไปทางทิศเหนือได้ระยะทาง 400 เมตร จากนั้นเดินไปทางทิศตะวันออกได้ระยะทาง 300 เมตร ใช้เวลาเดินทางทั้งหมด 250 วินาทีเด็กคนนี้เดินด้วยอัตราเร็วกี่เมตรต่อวินาที</p> <p><u>ตัวแปร</u> ระยะทาง คือ <math>S_1 = 400</math> เมตร, <math>S_2 = 300</math> เมตร, เวลา คือ <math>t = 250</math> เมตร</p> <p><u>วิธีคิด</u> หาระยะทางรวม <math>S = S_1 + S_2 = 400 + 300</math></p> $= 700 \text{ m}$ <p>หาอัตราเร็ว จากสมการ <math>v = \frac{s}{t}</math></p> $= \frac{700}{250}$ $= 2.8 \text{ m/s}$ <p><u>คำตอบ</u> เด็กคนนี้เดินด้วยอัตราเร็ว 2.8 เมตร/วินาที</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การอ่านโจทย์ปัญหา</li> <li>- การวิเคราะห์สัญลักษณ์ตัวแปร</li> <li>- การคำนวณหาระยะทาง และอัตราเร็ว</li> </ul>
<p><b>4. การหาความเร่ง</b></p> <p>รถคันหนึ่งเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งไปบนเส้นทางตรง เวลาผ่านไป 4 วินาที มีความเร็วเป็น 12 เมตร/วินาที ถ้าอัตราเร็วสม่ำเสมอ รถยนต์คันนี้มีความเร่งเท่าใด</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การอ่านโจทย์ปัญหา</li> <li>- การวิเคราะห์สัญลักษณ์ตัวแปร</li> <li>- การคำนวณหาความเร่ง</li> </ul>

ตารางที่ 4 - 3 (ต่อ)

โจทย์ปัญหา	คุณลักษณะที่ใช้ในการแก้ปัญหา
<p>ตัวแปร ความเร็ว คือ <math>\vec{v}_1 = 0</math> เมตร/วินาที</p> <p><math>\vec{v}_2 = 12</math> เมตร/วินาที</p> <p>เวลา คือ <math>t = 4</math> วินาที</p> <p>วิธีคิด หาคความเร่ง</p> $\begin{aligned} \text{จากสมการ } \vec{a} &= \frac{\vec{v}-\vec{u}}{t} \\ &= \frac{12-0}{4} \\ &= 3 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$ <p>คำตอบ ความเร่งของรถคันนี้มีค่าเป็น 3 เมตร/วินาที<sup>2</sup></p>	

## 1.2 การกำหนดคุณลักษณะ

การกำหนดคุณลักษณะได้นำเนื้อหาที่ตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ มากำหนดคุณลักษณะ จัดเรียงลำดับคุณลักษณะ และจัดทำแผนภาพคุณลักษณะ ตามความสัมพันธ์ ลำดับขั้นก่อนและหลัง เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ โดยใช้โครงสร้างเครือข่าย (Network structure) เป็น โครงสร้างลำดับขั้นเชิงคู่ออก (Hierarchy with a divergent branch) มีลักษณะเป็น ความสัมพันธ์ที่แยกออกเป็น 2 ทาง ไม่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียวกัน ได้กำหนดคุณลักษณะในการแก้โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ดังนี้ 1) ความความเข้าใจการอ่านโจทย์ 2) วิเคราะห์ ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 3) การหาระยะทางของการเคลื่อนที่ แนวเส้นตรง 4) การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง 5) การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่ แนวเส้นตรง 6) การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง 7) การหาความเร่งของการเคลื่อนที่ แนวเส้นตรง ดังแผนภาพที่ 4 - 1 โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญ ด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 3 ท่าน 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบ คุณลักษณะ และแผนภาพคุณลักษณะให้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์



ภาพที่ 4 - 1 โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะ โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะ โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง มีความถูกต้อง เหมาะสมและครอบคลุมตามคุณลักษณะที่ต้องใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถนำไปสร้างเมทริกซ์ลำดับขั้นของคุณลักษณะได้

### 1.3 ผลการกำหนดเมทริกซ์เพื่อใช้ในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย

1.3.1 การกำหนด Binary adjacency matrix (A) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางตรงระหว่างคุณลักษณะ แสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะที่ 1 ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 2 ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 และ 5 คุณลักษณะที่ 3 ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 4 คุณลักษณะที่ 4 ไม่ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะใด คุณลักษณะที่ 5 ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 6 และคุณลักษณะที่ 6

ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 7 และคุณลักษณะที่ 7 ไม่ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะใด ซึ่งมีขนาดเมทริกซ์เป็น  $7 \times 7$  ดังนี้

$$A = \begin{bmatrix} 0100000 \\ 0010100 \\ 0001000 \\ 0000000 \\ 0000010 \\ 0000001 \\ 0000000 \end{bmatrix}$$

1.3.2 การกำหนด Reachability matrix (R) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมระหว่างคุณลักษณะ โดยแถวที่ 1 เป็นคุณลักษณะที่ต้องมีก่อนทุกคุณลักษณะ แถวที่ 2 คุณลักษณะที่ 2 ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3, 4, 5, 6, 7 แถวที่ 3 คุณลักษณะที่ 3 ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 4 แถวที่ 4 คุณลักษณะที่ 4 ไม่ต้องมาก่อนคุณลักษณะใด แถวที่ 5 คุณลักษณะที่ 5 ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 6, 7 แถวที่ 6 คุณลักษณะที่ 6 ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 7 แถวที่ 7 คุณลักษณะที่ 7 ไม่ต้องมาก่อนคุณลักษณะใด ซึ่งมีขนาดเมทริกซ์เป็น  $7 \times 7$  ดังนี้

$$R = \begin{bmatrix} 1111111 \\ 0111111 \\ 0011000 \\ 0001000 \\ 0000111 \\ 0000010 \\ 0000001 \end{bmatrix}$$

1.3.3 การกำหนด Incidence matrix (Q) แสดงชุดข้อสอบ คุณลักษณะในการทำข้อสอบแต่ละข้อให้ถูกต้อง และกำหนดขนาดของข้อสอบ โดยใช้  $2^k - 1 = 2^7 - 1 = 128 - 1 = 127$  โดยกำหนด (k, i) ให้ k คือ จำนวนคุณลักษณะทั้งหมด i คือ จำนวนข้อสอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดในเมทริกซ์ R โดยจำนวนของข้อสอบที่เป็นไปได้จำนวน 127 ข้อ

1.3.4 การกำหนด Reduced Q Matrix (Q<sub>r</sub>) เพื่อลดจำนวนชุดข้อสอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของลำดับชั้นที่กำหนดจากเมทริกซ์ Q โดยการตัดชุดข้อสอบที่ไม่มีความสัมพันธ์กันทั้งทางตรงและทางอ้อม และไม่สามารถไล่เส้นทางตามโมเดลคุณลักษณะที่สร้างขึ้นได้ จะได้ว่าชุดของข้อสอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไข ลำดับชั้น มีจำนวนคุณลักษณะ 7 คุณลักษณะ และมีจำนวนข้อสอบที่เป็นไปได้ 13 ข้อ ดังแสดงในเมทริกซ์ Q<sub>r</sub> ดังนี้

$$Q_r = \begin{bmatrix} 1111111111111 \\ 0111111111111 \\ 0011011011011 \\ 0001001001001 \\ 0000111111111 \\ 0000000111111 \\ 0000000000111 \end{bmatrix}$$

ตารางที่ 4 - 4 คุณลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยตาม Reduced Q Matrix ( $Q_r$ )

ข้อ	เมทริกซ์แสดงแบบ แผนคุณลักษณะ	คุณลักษณะ	คุณลักษณะของข้อสอบ
1	1000000	1	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1)
2	1100000	1, 2	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) - วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาพีลิกส์ (A2)
3	1110000	1, 2, 3	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) - วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาพีลิกส์ (A2) - การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)
4	1111000	1, 2, 3, 4	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) - วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาพีลิกส์ (A2) - การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3) - การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A4)
5	1100100	1, 2, 5	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) - วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาพีลิกส์ (A2) - การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)

ตารางที่ 4 - 4 (ต่อ)

เมทริกซ์แสดง			
ข้อ	แบบแผน คุณลักษณะ	คุณลักษณะ	คุณลักษณะของข้อสอบ
6	1110100	1, 2, 3, 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่านโจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> </ul>
7	1111100	1, 2, 3, 4, 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่านโจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</li> <li>- การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A4)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> </ul>
8	1100110	1, 2, 5, 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่านโจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> <li>- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)</li> </ul>
9	1110110	1, 2, 3, 5, 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่านโจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> <li>- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)</li> </ul>
10	1111110	1, 2, 3, 4, 5, 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่านโจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</li> <li>- การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A4)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> <li>- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)</li> </ul>

ตารางที่ 4 - 4 (ต่อ)

ข้อ	เมทริกซ์แสดง		คุณลักษณะของข้อสอบ
	แบบแผน	คุณลักษณะ	
11	1100111	1, 2, 5, 6, 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่านโจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> <li>- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)</li> <li>- การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A7)</li> </ul>
12	1110111	1, 2, 3, 5, 6, 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่านโจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> <li>- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)</li> <li>- การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A7)</li> </ul>
13	1111111	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่านโจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</li> <li>- การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A4)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> <li>- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)</li> <li>- การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A7)</li> </ul>

#### 1.4 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของ Q-matrix

ผู้วิจัยนำ Q - Matrix (Q<sub>r</sub>) การแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงที่เป็นไปได้จำนวน 13 ข้อ ไปตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม โดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 3 ท่าน และ 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน

ผลการพิจารณาพบว่า Q - Matrix (Q<sub>r</sub>) การแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง มีความถูกต้อง เหมาะสมและครอบคลุมทุกคุณลักษณะที่ต้องใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถนำมาเมทริกซ์ไปใช้สร้างข้อสอบได้

### 1.5 ผลการสร้างแบบสอบวินิจฉัยตาม Q matrix

นำเมทริกซ์แสดงแบบแผนคุณลักษณะของข้อสอบตาม Q matrix สร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ตามวิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ สร้างแบบสอบวินิจฉัยตาม Q matrix โดยสร้างข้อสอบอัตนัยแบบเติมคำตอบจำนวน 13 ข้อ ให้มีจำนวน 7 คุณลักษณะ ให้คะแนนแบบ 0, 1 ตามที่กำหนดในเมทริกซ์ Q<sub>r</sub> กำหนดแผนผังการสร้างข้อสอบ (Table of specification) ดังตารางที่ 4 - 5

ตารางที่ 4 - 5 กำหนดแผนผังการสร้างข้อสอบ (Table of specification)

ข้อที่	คุณลักษณะของข้อสอบ	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนข้อ
1	A1	7.69	1
2	A1, A2	7.69	1
3	A1, A2, A3	7.69	1
4	A1, A2, A3, A4	7.69	1
5	A1, A2, A5	7.69	1
6	A1, A2, A3, A5	7.69	1
7	A1, A2, A3, A4, A5	7.69	1
8	A1, A2, A5, A6	7.69	1
9	A1, A2, A3, A5, A6	7.69	1
10	A1, A2, A3, A4, A5, A6	7.69	1
11	A1, A2, A5, A6, A7	7.69	1
12	A1, A2, A3, A5, A6, A7	7.69	1
13	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7	7.69	1
	รวม	100	13



## 1.6 ผลกำหนดเมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected response matrix)

### คุณลักษณะของผู้สอบ (Examinee attributes)

กำหนดเมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected response matrix) และคุณลักษณะของผู้สอบ (Examinee attributes) จาก Reduced Q Matrix ( $Q_r$ ) จำนวน 13 แบบแผน ปรากฏดังตารางที่ 4 - 6

ตารางที่ 4 - 6 เมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง และคุณลักษณะของผู้สอบ

แบบแผนที่	เมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง	คุณลักษณะของผู้สอบ
1	1000000000000	1000000
2	1100000000000	1100000
3	1110000000000	1110000
4	1111000000000	1111000
5	1100100000000	1100100
6	1110110000000	1110100
7	1111111000000	1111100
8	1100100100000	1100110
9	1110110110000	1110110
10	1111111110000	1111110
11	1100100100100	1100111
12	1110110110110	1110111
13	1111111111111	1111111

จากการดำเนินการเบื้องต้น โดยศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งฐานข้อมูลต่างๆ ในอินเทอร์เน็ต ที่เกี่ยวกับการใช้โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะและวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ได้คุณลักษณะ จำนวน 7 คุณลักษณะ ดังนี้ 1) ความความเข้าใจการอ่าน โจทย์ 2) วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 3) การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง 4) การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง 5) การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง 6) การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง 7) การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง กำหนด Reduced

Q Matrix (Q) เพื่อลดจำนวนชุดข้อสอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของลำดับชั้นที่กำหนด จำนวนข้อสอบที่เป็นไปได้ เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 13 ข้อ แบบเติมคำตอบ ตรวจสอบให้คะแนน แบบ 0, 1 และแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังจำนวน 13 แบบแผน

## 2. ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ

ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ มีดังนี้

### 2.1 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

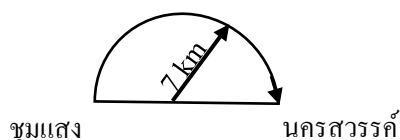
การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบสอบวินิจฉัย การแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยนำแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 13 ข้อ ที่สร้างขึ้นจาก Q - matrix ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญ ด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 3 ท่าน 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์จำนวน 2 ท่าน พิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งค่าดัชนี IOC ที่ควรมีค่าสูงกว่า .80 จึงจะอยู่ในเกณฑ์ดี (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548) จากผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบแต่ละข้อ พบว่า มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ แสดงว่าคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ นั่นคือ แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความตรงเชิงเนื้อหา สามารถนำข้อสอบไปใช้ได้ ดังตารางที่ 4 - 7

ตารางที่ 4 - 7 ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ

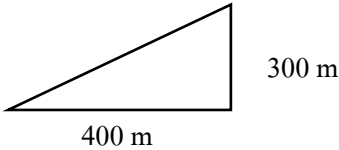
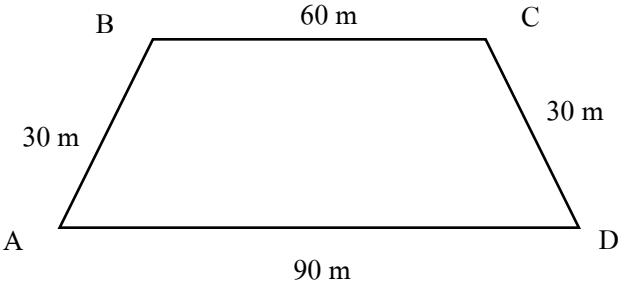
คำถาม	IOC
ความเข้าใจการอ่านโจทย์เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1)	1.00
1. จงพิจารณาโจทย์ “รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่จากทิศเหนือไปยังทิศใต้ด้วยระยะทาง 350 เมตร จากนั้นวิ่งต่อไปทางทิศตะวันออกอีก 500 เมตร รถคันนี้เคลื่อนที่ทั้งหมดกี่เมตร” จากโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคืออะไร	

ตารางที่ 4 - 7 (ต่อ)

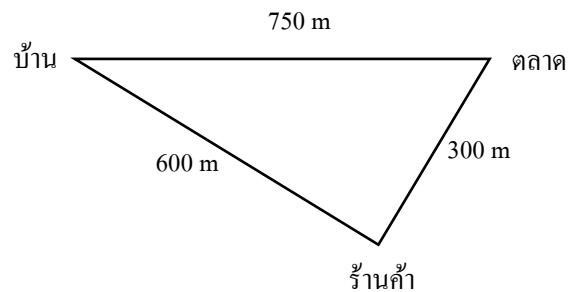
คำถาม	IOC
<p>การวิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปรโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A1, A2)</p> <p>2. มะพร้าวใช้เวลา 30 วินาที เดินจากบ้านไปโรงเรียนด้วยระยะทาง 60 เมตร มะพร้าวเดินด้วยความเร็วเท่าไร จากโจทย์ สิ่งที่โจทย์ให้มา และสิ่งที่โจทย์ถาม มีตัวแปรอะไรบ้าง</p>	1.00
<p>การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3)</p> <p>3. รถคันหนึ่งเคลื่อนที่จากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก 500 เมตร ต่อมาเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนืออีก 200 เมตร รถคันนี้วิ่งได้ระยะทางเท่าไร</p>	1.00
<p>การหาระยะทางและอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A4)</p> <p>4. รถไฟขบวนหนึ่งออกเดินทางจากสถานีหัวลำโพงไปยังสถานีลำปางระยะทาง 300 กิโลเมตร และเดินทางต่อไปยังสถานีเชียงใหม่อีก 100 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางทั้งหมด 8 ชั่วโมง รถไฟขบวนนี้แล่นด้วยอัตราเร็วกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง</p>	1.00
<p>การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A5)</p> <p>5. สมหมายเดินตรงไปข้างหน้า 100 เมตร จากนั้นสมหมายได้เดินถอยหลัง 20 เมตร จงหาการกระจัด</p>	1.00
<p>การหาระยะทางและการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A5)</p> <p>6. มีนาขับรถยนต์ออกจากชุมแสงไปยังนครสวรรค์ ดังรูป จงหาระยะทางและการกระจัด</p>	1.00



ตารางที่ 4 - 7 (ต่อ)

คำถาม	IOC
<p>การหาระยะทาง อัตราเร็ว และการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A4, A5)</p> <p>7. สมชายขี่รถจักรยานยนต์ไปทางทิศตะวันออก 400 เมตร และขี่ต่อไปยังทิศเหนืออีก 300 เมตร โดยใช้เวลาทั้งหมด 7 วินาที จงหาการกระจัดและอัตราเร็ว</p> 	1.00
<p>การหาการกระจัด และความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A5, A6)</p> <p>8. รถกระบะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออก 100 กิโลเมตร จากนั้นเคลื่อนที่มาทางทิศตะวันตก 20 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ทั้งหมด 2 ชั่วโมง รถกระบะคันนี้มีความเร็วเท่าใด</p>	1.00
<p>การหาระยะทาง การกระจัด ความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A5, A6)</p> <p>9. สมใจวิ่งรอบสนามเป็นวงกลมที่มีความยาวรอบสนาม 200 เมตร จำนวน 2 รอบ ใช้เวลา 40 วินาที จงหาระยะทางและความเร็วของสมใจ</p>	1.00
<p>การหาระยะทาง อัตราเร็ว การกระจัด ความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A4, A5, A6)</p> <p>10. ปู่กิ้งจากตำแหน่ง A ไป D ตามแนว <math>A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D</math> ดังรูป ใช้เวลานาน 30 วินาที จงหาระยะทาง การกระจัด อัตราเร็ว และความเร็ว</p> 	1.00

ตารางที่ 4 - 7 (ต่อ)

คำถาม	IOC
<p>การหาการกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A5, A6, A7)</p> <p>11. วัตถุหนึ่งเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง ไปข้างหน้า 50 เมตร จากนั้นย้อนกลับมาทางเดิม 20 เมตร ใช้เวลาทั้งหมดในการเคลื่อนที่ 10 วินาที วัตถุก้อนนี้มีความเร่งเท่าใด</p>	1.00
<p>การหาระยะทาง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A5, A6, A7)</p> <p>12. มะเหมี่ยวขี่จักรยานไปทางเหนือด้วยระยะทาง 600 เมตร เป็นเวลานาน 20 วินาที จากนั้นก็ขี่ไปทางตะวันออกด้วยระยะทาง 800 เมตร เป็นเวลานาน 10 วินาที ระยะทางและความเร่งในการขี่จักรยานของมะเหมี่ยวเป็นเท่าใด</p>	1.00
<p>การหาระยะทาง อัตราเร็ว การกระจัด ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7)</p> <p>13. ในเวลา 5 นาที เรณูวิ่งจาก บ้าน ไปถึงตลาด ตามเส้นทาง บ้าน → ร้านค้า → ตลาด ดังรูป ขนาดของอัตราเร็ว และ ความเร่งมีค่าเป็นเท่าใด</p> 	1.00

## 2.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพในระยะทดลองใช้เครื่องมือ

ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในระยะทดลองใช้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของเครื่องมือโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory) ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน โดยใช้วิธีของฮอยท์ (Hoy's reliability) ดังต่อไปนี้

### 2.2.1 ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบ

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกโดยใช้ทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory) พบว่า มีค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบ .62 แสดงให้เห็นว่าแบบสอบวินิจัยที่สร้างขึ้นมีลักษณะค่อนข้างง่าย และค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของข้อสอบ .57 แสดงให้เห็นว่าแบบสอบวินิจัยจำแนกได้ดี สอดคล้องกับหลักการสร้างแบบสอบวินิจัยของ Bloom (1971) ที่กล่าวว่า แบบสอบวินิจัยควรเป็นข้อสอบที่ง่ายมีค่าความยากตั้งแต่ .65 ขึ้นไป แบบสอบวินิจัยที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้วินิจัยข้อบกพร่องได้ ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก และอำนาจจำแนกรายข้อ แสดงดังตารางที่ 4 - 8

ตารางที่ 4 - 8 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบตามทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก
1	0.94	0.20
2	0.76	0.48
3	0.81	0.48
4	0.75	0.68
5	0.60	0.64
6	0.56	0.56
7	0.61	0.64
8	0.64	0.52
9	0.63	0.72
10	0.50	0.60
11	0.46	0.76
12	0.40	0.60
13	0.36	0.56

## 2.2 ความเที่ยงตรงแบบสอดคล้องภายในด้วยวิธีของสอยส์

ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงแบบสอดคล้องภายในด้วยวิธีของสอยส์ของแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องการแก้ไข้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง พบว่า มีความเที่ยงตรง 0.97 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.70 สามารถนำไปวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนได้ (Hoyt 1941 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสิ, 2556, หน้า 74 - 76)

## 2.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในระยะใช้จริง

ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในระยะใช้จริง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบความเป็นมิติเดียว (Unidimensional) ค่าสถิติ Kaiser - Meyer - Olkin (KMO) และค่าสถิติ Bartlett's tes of Sphericity ของแบบสอบวินิจฉัย จำนวนองค์ประกอบ ค่าไอแกน ค่าร้อยละความแปรปรวน และค่าร้อยละความแปรปรวนสะสมในแต่ละองค์ประกอบของแบบสอบวินิจฉัย ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของเครื่องมือโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบแนวใหม่ (Item response theory: IRT) ดังต่อไปนี้

### 2.3.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบความเป็นมิติเดียว

(Unidimensional) ตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการทดสอบแบบแนวใหม่ในขั้นตอนแรกในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory factor analysis) ด้วยค่าสถิติ Kaiser - Meyer - Olkin (KMO) KMO ควรีค่า .50 ขึ้นไป (Field, 2000; Pallant & Manual, 2001) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า KMO ที่ได้มีค่า .814 และค่าสถิติ Bartlett's tes of Sphericity พบว่า มีไคแควร์ 1256.133 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 แสดงว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามไม่เป็นเมทริกซ์เอกลักษณะ จึงมีความเหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบได้ แสดงดังตารางที่ 4 - 9

ตารางที่ 4 - 9 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบความเป็นมิติเดียว (Unidimensional)

ค่าสถิติ Kaiser - Meyer - Olkin (KMO) และค่าสถิติ Bartlett's tes of Sphericity ของแบบสอบวินิจฉัย

Kaiser - Meyer - Olkin (KMO)	Bartlett's tes of Sphericity		
	Chi - square ( $X^2$ )	df	p
Measure of Sampling Adequacy			
.814	1256.133	78	.000

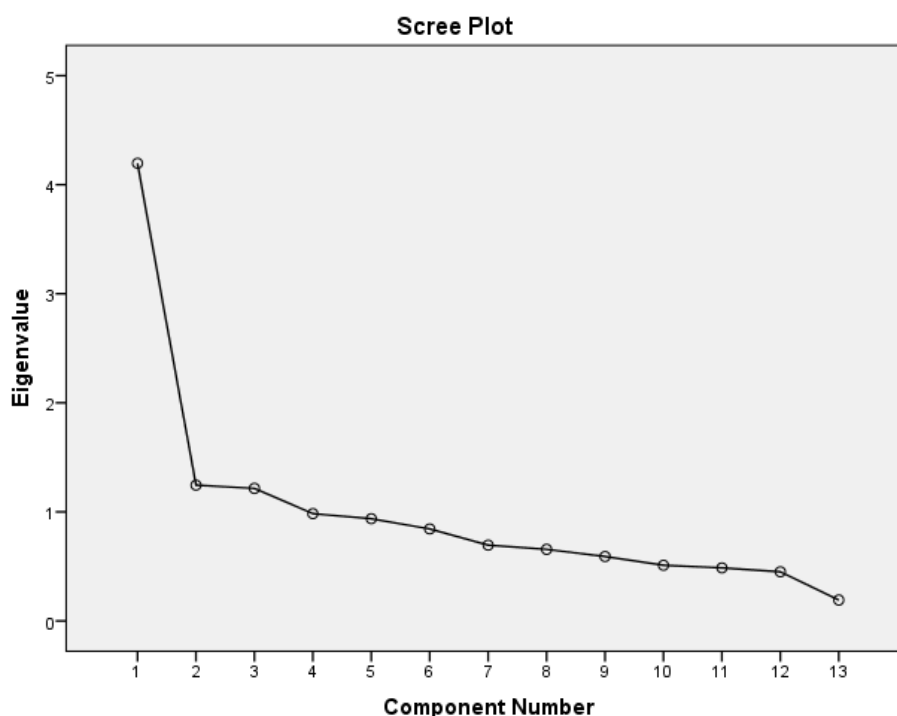
\* $p < .05$

ขั้นตอนถัดมาได้สกัดองค์ประกอบ ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก และหมุนแกนด้วยวิธี Varimax พบว่า ได้องค์ประกอบทั้งหมด 3 องค์ประกอบ ค่าไอแกนอยู่ระหว่าง 9.352 - 32.321 ค่าร้อยละความแปรปรวนสะสมในแต่ละองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 24.063 - 51.183

ค่าไอแกนนองค้ประกอบที่ 1 มีค่า 32.321 สูงกว่าค่าไอแกนขององค้ประกอบที่ 2 มีค่า 9.510 และองค้ประกอบที่ 3 มีค่า 9.352 ซึ่งองค้ประกอบที่ 1 มีค่าไอแกนสูงกว่าไอแกนขององค้ประกอบที่ 2 และองค้ประกอบที่ 3 อย่างชัดเจน คั้งนั้นจึงถือว่าข้อสอบมีความเป็นมิติเดียว (ผจงจิต อินทสุวรรณ, 2545, pp. 17 - 19) สามารถนำไปประมาณค่าพารามิเตอร์และวิเคราะห์ตามทฤษฎีการทดสอบแบบแนวใหม่ (Item Response Theory: IRT) ได้ดังแสดงในตารางที่ 4 - 10

ตารางที่ 4 - 10 จำนวนองค้ประกอบ ค่าไอแกน ค่าร้อยละความแปรปรวน และค่าร้อยละความแปรปรวนสะสมในแต่ละองค้ประกอบของแบบสอบวินิจฉัย

องค้ประกอบ	ค่าไอแกน	ค่าร้อยละความแปรปรวน	ค่าร้อยละของความแปรปรวนสะสม
1	32.321	32.321	24.063
2	9.510	9.510	38.230
3	9.352	9.352	51.183



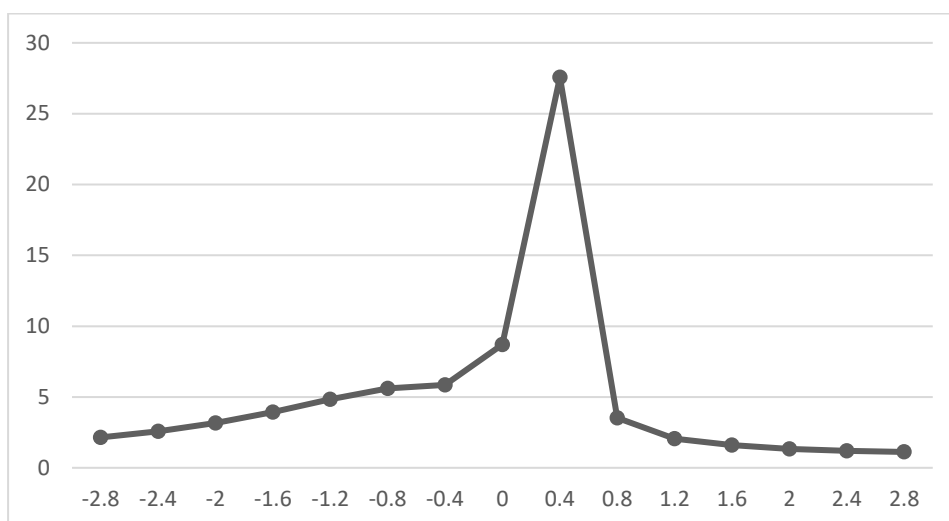
ภาพที่ 4 - 2 ค่าไอแกน (Eigen value) ของแบบสอบวินิจฉัย



2.3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของแบบสอบวินิจัย พบว่า ค่าฟังก์ชันสารสนเทศรายข้อ ( $I(\theta)$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 1.12 ถึง 27.57 และมีค่าสูงสุดในระดับความสามารถ ( $\theta$ ) ที่ .40 ผลการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) มีค่าอยู่ระหว่าง .19 ถึง .94 และมีค่าต่ำสุดในระดับความสามารถ ( $\theta$ ) ที่ .40 นั่นคือ ในช่วงระดับความสามารถที่ 0.4 แบบสอบจะมีความถูกต้องแม่นยำสูง และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าต่ำ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545, หน้า 56)

ตารางที่ 4 - 11 ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศรายข้อและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ของแบบสอบวินิจัย

ข้อ	ค่า SE/ I( $\theta$ )														
	ระดับความสามารถ ( $\theta$ )														
	-2.8	-2.4	-2.0	-1.6	-1.2	-0.8	-0.4	-0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8
1	0.31	0.33	0.31	0.27	0.21	0.15	0.11	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00
2	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.16	0.22	0.28	0.32	0.34	0.32	0.27	0.21	0.16	0.11	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01
5	0.13	0.16	0.20	0.22	0.23	0.23	0.20	0.17	0.14	0.11	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02
6	0.09	0.15	0.24	0.35	0.45	0.51	0.48	0.40	0.29	0.19	0.12	0.07	0.04	0.02	0.01
7	0.10	0.17	0.28	0.41	0.54	0.59	0.53	0.41	0.28	0.17	0.10	0.06	0.03	0.02	0.01
8	0.11	0.17	0.26	0.37	0.45	0.49	0.45	0.36	0.26	0.17	0.10	0.06	0.04	0.02	0.01
9	0.06	0.13	0.24	0.43	0.66	0.83	0.80	0.60	0.37	0.20	0.10	0.05	0.03	0.01	0.01
10	0.04	0.08	0.15	0.28	0.46	0.65	0.76	0.69	0.51	0.32	0.18	0.10	0.05	0.03	0.01
11	0.01	0.03	0.08	0.18	0.40	0.75	1.12	1.17	0.86	0.48	0.23	0.10	0.04	0.02	0.01
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	3.54	23.61	0.68	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
I( $\theta$ )	2.15	2.57	3.16	3.93	4.83	5.60	5.85	8.70	<u>27.57</u>	3.53	2.06	1.60	1.34	1.20	1.12
Expected S.E	0.68	0.62	0.56	0.50	0.45	0.42	0.41	0.34	<u>0.19</u>	0.53	0.70	0.79	0.86	0.91	0.94



ภาพที่ 4 - 3 ฟังก์ชันสารสนเทศตามระดับความสามารถของผู้สอบ

2.3.3 ผลการเลือกโมเดลการตอบสนองข้อสอบตามทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ โดยใช้พารามิเตอร์ 3 ค่า คือ  $-2\log\text{likelihood}$ , Akaike Information Criterion (AIC) และ Bayesian Information Criterion (BIC) โดยโมเดลการวิเคราะห์ข้อสอบประกอบด้วย โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยาก ( $b$ ) และค่าพารามิเตอร์ค่าอำนาจจำแนก ( $a$ ) โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยาก ( $b$ ) ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก ( $a$ ) และค่าพารามิเตอร์โอกาสในการเดา ( $c$ ) พิจารณาเลือกจากค่า AIC และ BIC ที่มีค่าน้อยที่สุด (ศิริชัย กาญจนวาสิ, 2545, หน้า 100) โมเดลการตอบสนองข้อสอบที่เหมาะสม คือ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ โดยประมาณค่าพารามิเตอร์ความยาก ( $b$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $a$ ) เนื่องจาก AIC และ BIC มีค่าน้อยที่สุด (ปรารธนา พลอภิชาติ, 2556) ผลที่ได้ คือ 4483.67 และ 4584.71 ตามลำดับ การเปรียบเทียบค่า  $-2\log\text{likelihood}$  ไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ ต้องหาค่าผลต่างในรูปของไคสแควร์ (Chi - square) มีองศาอิสระ ( $df$ ) แล้วนำไปเปิดตารางไคสแควร์ถ้าผลต่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หมายความว่า โมเดลใหม่เหมาะสม ถ้าผลต่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ หมายความว่า โมเดลเดิมเหมาะสมมากกว่า ผลที่ได้พบว่า โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ แตกต่างจาก โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ แบบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า โมเดล การตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ เหมาะสมกับข้อมูลการตอบของนักเรียน

ตารางที่ 4 - 12 ค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบโมเดลการตอบสนองข้อสอบ

ค่าสถิติ	โมเดล 2 พารามิเตอร์	โมเดล 3 พารามิเตอร์	$\Delta$ -2loglikelihood
-2loglikelihood	4431.67	4456.39	24.72
AIC	4483.67	4534.39	-
BIC	4584.71	4685.94	-

#### 2.3.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยใช้

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ พบว่า ค่าความยาก ( $b$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง -7.86 ถึง .61 แสดงให้เห็นว่า ข้อสอบเรียงจากข้อง่ายไปยาก โดยข้อที่ง่ายที่สุดคือ ข้อที่ 3 (-7.86) และข้อที่ยากที่สุด คือ ข้อที่ 13 (.61) ค่าอำนาจจำแนก ( $a$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง .16 ถึง 61.29 แสดงให้เห็นว่า ข้อสอบสามารถจำแนกนักเรียนได้ โดยข้อที่จำแนกได้ดีที่สุด คือ ข้อ 13 (61.29) ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกรายข้อ แสดงดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4 - 13 ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก ( $a$ )	ค่าความยาก ( $b$ )
1	1.15	-2.42
2	0.69	-2.69
3	0.16	-7.86
4	1.17	-1.21
5	0.96	-1.14
6	1.43	-0.71
7	1.53	-0.80
8	1.40	-0.81
9	1.84	-0.65
10	1.74	-0.35
11	2.19	-0.15
12	10.61	0.32
13	61.29	0.61

2.4.5 ผลการวิเคราะห์การประมาณค่าความสามารถของเบย์ของเมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง มีค่าประมาณความสามารถอยู่ระหว่าง -2.353 ถึง 1.391 แสดงดังตารางที่ 4 - 14

ตารางที่ 4 - 14 ประมาณค่าความสามารถของเบย์

คุณลักษณะของข้อสอบ	เมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง	ประมาณค่าความสามารถของเบย์
A1	1000000000000	-2.113
A1A2	1100000000000	-1.825
A1A2A3	1110000000000	-1.530
A1A2A3A4	1111000000000	-1.238
A1A2A5	1100100000000	-0.957
A1A2A3A5	1110110000000	-0.690
A1A2A3A4A5	1111111000000	-0.441
A1A2A5A6	1100100100000	-0.211
A1A2A3A5A6	1110110110000	0.011
A1A2A3A4A5A6	1111111111000	0.264
A1A2A5A6A7	1100100100100	0.626
A1A2A3A5A6A7	1110110110110	1.060
A1A2A3A4A5A6A7	1111111111111	1.391

2.4.6 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องรูปแบบการตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected response patterns) กับรูปแบบการตอบข้อสอบจริง (Actual item response patterns) ด้วยดัชนี  $HCI_i$  เพื่อวัดระดับของรูปแบบการตอบข้อสอบสังเกตได้ (Observed examinee response pattern) ที่สอดคล้องกับลำดับขั้นของคุณลักษณะพบว่าค่าดัชนี  $HCI_i$  จำนวน 13 รูปแบบ มีค่าเฉลี่ย .72 ซึ่งมีค่ามากกว่า .60 หมายความว่ามีความสอดคล้องของรูปแบบการตอบข้อสอบสังเกตได้กับลำดับขั้นของคุณลักษณะอยู่ในระดับปานกลาง และค่าดัชนี  $HCI_i$  ควรค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 (Cui, 2007) ผลการวิเคราะห์แยกตามแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวัง แสดงดังตารางที่ 4 - 15

ตารางที่ 4 - 15 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องรูปแบบการตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected response patterns) กับรูปแบบการตอบข้อสอบจริง (Actual item response patterns) ด้วยดัชนี HCI<sub>i</sub> (The Hierarchy Consistency Index)

แบบแผนที่	รูปแบบการตอบข้อสอบที่คาดหวัง	HCI <sub>i</sub>
1	1000000000000	- 0.82
2	1100000000000	0.89
3	1110000000000	0.78
4	1111000000000	0.82
5	1100100000000	0.89
6	1110110000000	0.83
7	1111110000000	0.79
8	1100100100000	0.86
9	1110110110000	0.89
10	1111111110000	0.81
11	1100100100100	0.86
12	1110110110110	0.85
13	1111111111111	0.85

### ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

#### ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

ผลการวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็ง โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเบย์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ที่สร้างขึ้น เกณฑ์ที่ใช้ในการวินิจฉัยจุดแข็งจุดอ่อนของนักเรียนเป็นรายคุณลักษณะ ใช้เกณฑ์ของ Griel, Wang และ Zhou (2008) ดังนี้

- ร้อยละ 0 - 40 หมายถึง นักเรียนขาดความรู้ในคุณลักษณะนั้น ๆ กล่าวคือ นักเรียนมีมี โนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในคุณลักษณะนั้น ๆ
- ร้อยละ 41 - 60 หมายถึง นักเรียนมีความรู้บางส่วนในคุณลักษณะนั้น ๆ กล่าวคือ เมื่อนักเรียนทำข้อสอบที่วัดคุณลักษณะเดียวกัน บางครั้ง อาจจะทำถูก บางครั้งอาจจะทำผิด แต่ผิดเพราะยังไม่เข้าใจ อย่างชัดเจนยังมีมี โนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแฝงอยู่
- ร้อยละ 61 - 100 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ในคุณลักษณะนั้น ๆ อย่างชัดเจน

ผลการวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียนจำนวน 360 คน โดยแบ่งตามคุณลักษณะพบว่า นักเรียนมีความรอบรู้มากที่สุดของคุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) รองลงมา คือ คุณลักษณะที่ 2 วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2) และนักเรียนขาดความรอบรู้มากที่สุดของคุณลักษณะที่ 7 การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A7)

**คุณลักษณะที่ 1** ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจ โจทย์ สามารถบอกสิ่งที่โจทย์ให้มาและสิ่งที่โจทย์ถามได้ (Mastery) ร้อยละ 85.28 รองลงมา คือ นักเรียนมีความรู้บางส่วน (Partial mastery) ร้อยละ 7.22 และนักเรียนที่ขาดความเข้าใจในการอ่าน โจทย์ (Non - mastery) ร้อยละ 7.50

**คุณลักษณะที่ 2** วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2) นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแทนสัญลักษณ์ตัวแปรของ โจทย์ได้ (Mastery) ร้อยละ 75.28 รองลงมา คือ นักเรียนมีความรู้บางส่วน (Partial mastery) ร้อยละ 15.00 และนักเรียนที่ขาดความรู้ ในการแทนสัญลักษณ์ตัวแปรของ โจทย์ (Non - mastery) ร้อยละ 9.72 รองลงมา คือ นักเรียนมีความรู้บางส่วน (Partial mastery) ร้อยละ 75.28

**คุณลักษณะที่ 3** การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3) นักเรียนส่วนใหญ่สามารถหาระยะทางได้ (Mastery) ร้อยละ 69.72 รองลงมา คือ นักเรียนมีความรู้บางส่วน (Partial mastery) ร้อยละ 17.5 และนักเรียนที่ขาดความรู้ในการหาระยะทาง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (Non - mastery) ร้อยละ 12.78

**คุณลักษณะที่ 4** การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A4) นักเรียนส่วนใหญ่สามารถคำนวณหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (Mastery) ร้อยละ 69.17 รองลงมา คือ นักเรียนมีความรู้บางส่วน (Partial mastery) ร้อยละ 7.50 และนักเรียนที่ขาดความรู้ (Non - mastery) ร้อยละ 23.33

**คุณลักษณะที่ 5** การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5) นักเรียนส่วนใหญ่สามารถหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (Mastery) ร้อยละ 63.89 รองลงมา คือ นักเรียนมีความรู้บางส่วน (Partial mastery) ร้อยละ 13.89 และนักเรียนที่ขาดความรู้ (Non - mastery) ร้อยละ 22.22

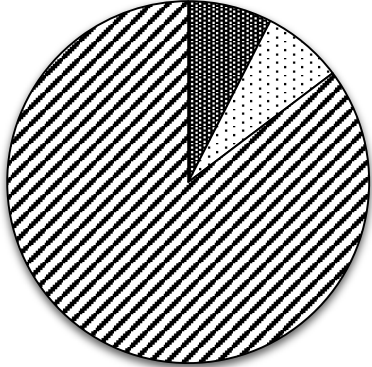
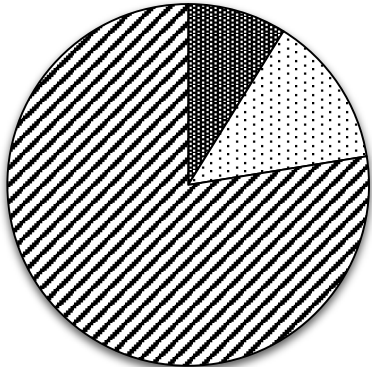
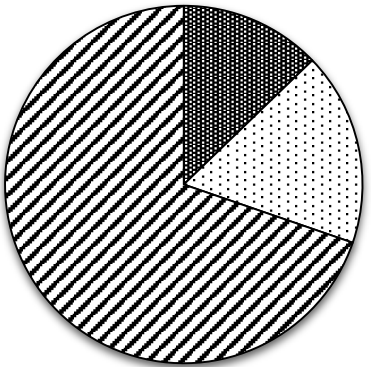
**คุณลักษณะที่ 6** การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6) นักเรียนส่วนใหญ่สามารถคำนวณหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (Mastery) ร้อยละ 58.89 รองลงมา คือ นักเรียนมีความรู้บางส่วน (Partial mastery) ร้อยละ 13.06 และนักเรียนที่ขาดความรู้ (Non - mastery) ร้อยละ 28.06

**คุณลักษณะที่ 7** การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A7) นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถคำนวณหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงได้ (Non - mastery) ร้อยละ 41.67 รองลงมา คือ นักเรียนมีความรู้บางส่วน (Partial mastery) ร้อยละ 20.83 และนักเรียนที่ขาดความรู้ (Mastery) ร้อยละ 37.50

ตารางที่ 4 - 16 ผลวิเคราะห์จุดอ่อนจุดแข็งการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

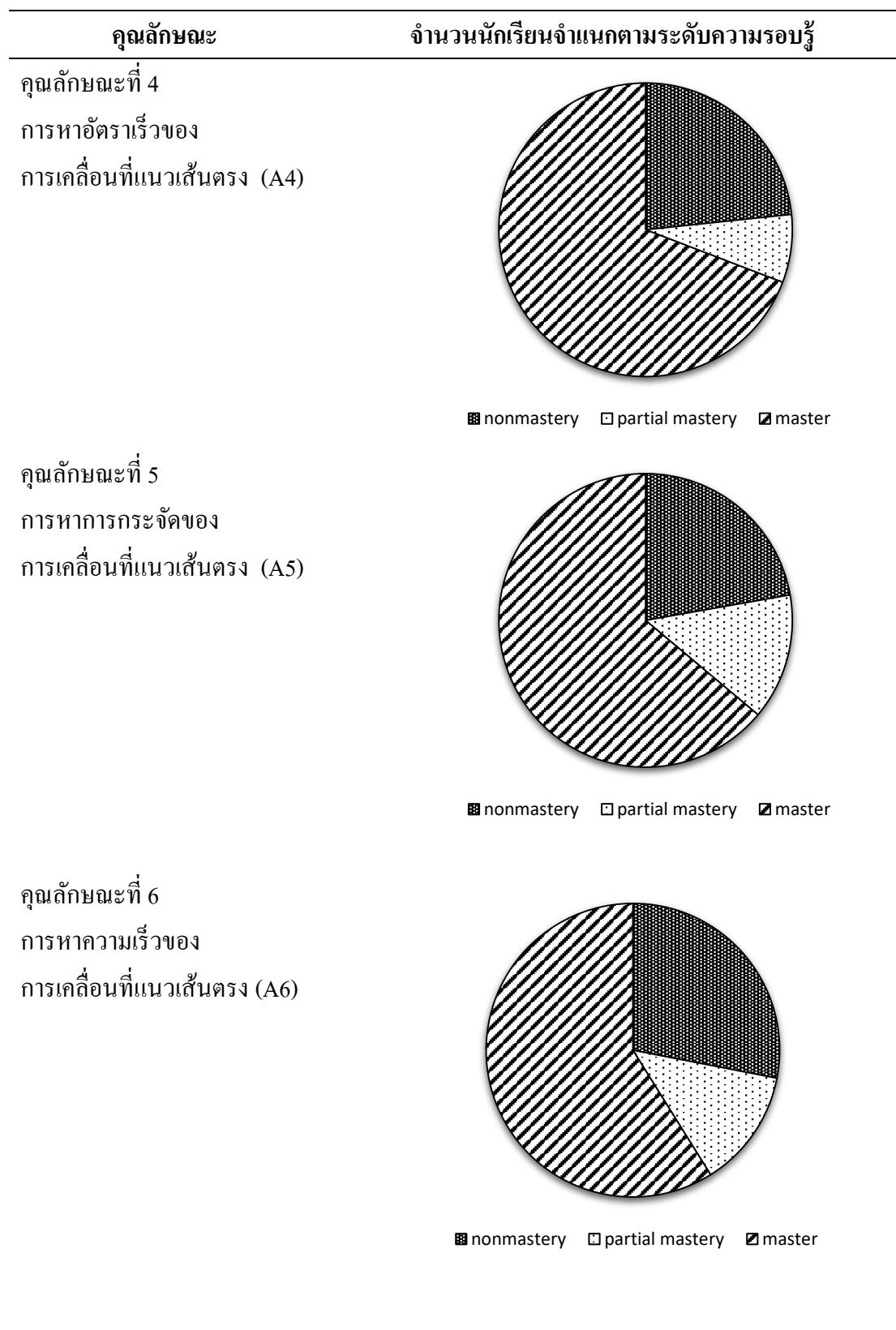
คุณลักษณะ	ระดับความรอบรู้					
	Non - mastery		Partial mastery		mastery	
	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
A1	27	7.50	26	7.22	307	85.28
A2	35	9.72	54	15.00	271	75.28
A3	46	12.78	63	17.5	251	69.72
A4	84	23.33	27	7.50	249	69.17
A5	80	22.22	50	13.89	230	63.89
A6	101	28.06	47	13.06	212	58.89
A7	150	41.67	75	20.83	135	37.50

ตารางที่ 4 - 17 จำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะ

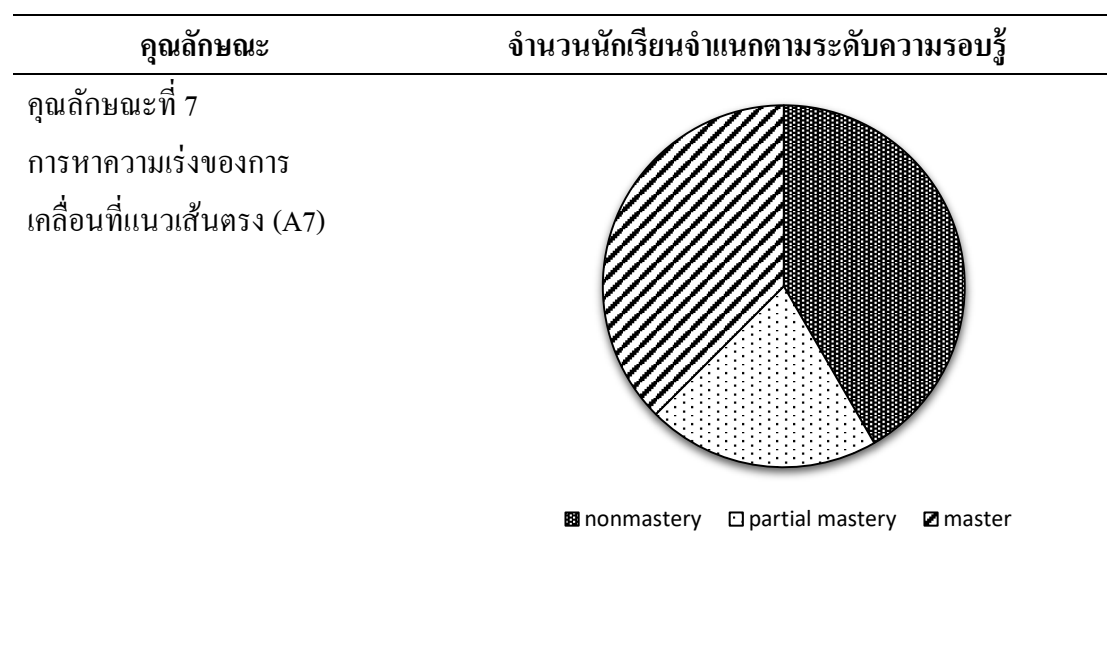
คุณลักษณะ	จำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความรอบรู้
<p>คุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจการอ่านโจทย์ (A1)</p>	 <p>■ nonmastery   □ partial mastery   ■ master</p>
<p>คุณลักษณะที่ 2 วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ ของตัวแปร โจทย์ปัญหาพีสิกส์ (A2)</p>	 <p>■ nonmastery   □ partial mastery   ■ master</p>
<p>คุณลักษณะที่ 3 การหาระยะทางของการ เคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</p>	 <p>■ nonmastery   □ partial mastery   ■ master</p>



ตารางที่ 4 - 17 (ต่อ)



ตารางที่ 4 - 17 (ต่อ)



## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงโดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดระยอง โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) เพื่อสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ และให้มีคุณภาพด้าน ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความตรง และความเที่ยง 3) เพื่อวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนมัธยมศึกษาในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดระยอง จำนวน 19 โรงเรียน รวมนักเรียน 360 คน จากโปรแกรม G\*Power โดยทำการสุ่มด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Sample random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นเป็นข้อสอบอัตนัย แบบเติมคำตอบ จำนวน 13 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 13 ข้อ ไปทดลองกับนักเรียน จำนวน 100 คน จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อสอบ หาค่าความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และหาความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (Internal consistency) นำแบบสอบวินิจฉัยไปเก็บข้อมูลจริงกับนักเรียน จำนวน 360 คน พิจารณาค่าความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ตามทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (Item response theory)

การวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้ การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัย โดยนำแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง หาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ด้านความยาก (Difficulty) และ ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (Internal consistency) โดยใช้ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และหาค่าด้านความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ตามทฤษฎีการทดสอบ

แนวใหม่ (Item response theory: IRT) วิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเบย์ตามเกณฑ์ของ Griel, Wang และ Zhou (2008)

วิธีดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) วิเคราะห์ข้อบกพร่องในการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ และ 3) วิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

## สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยนำเสนอตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) การสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ และตรวจสอบคุณภาพด้าน ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความตรงตามเนื้อหาและความเที่ยง และ 3) เพื่อวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

1. การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องเกี่ยวกับในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เกี่ยวกับข้อบกพร่องในการเรียนวิชาฟิสิกส์จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอน พบว่า 1) นักเรียนมีความบกพร่องด้านการอ่านและตีความ โจทย์ ไม่สามารถวิเคราะห์ความหมายของ โจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์ให้มา สิ่งที่โจทย์ต้องการ ได้ 2) นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ความหมายสัญลักษณ์ของตัวแปรของ โจทย์ กล่าวคือ นักเรียนไม่สามารถแทนตัวแปรของค่าสำคัญใน โจทย์ ได้ ทำให้แทนค่าลงในสมการไม่ได้ 3) นักเรียนไม่สามารถคำนวณหาสิ่งที่โจทย์ต้องการ ได้

1.2 หน่วยการเรียนรู้ที่พบข้อบกพร่องเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า มีหน่วยการเรียนรู้ที่พบข้อบกพร่องมากที่สุดคือ หน่วยการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่ ลำดับถัดมา คือ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง สนามของแรง หน่วยการเรียนรู้เรื่อง คลื่น และหน่วยการเรียนรู้เรื่องกัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เนื้อหาที่ผู้วิจัยเลือกมาสร้างแบบสอบวินิจฉัย คือ โจทย์ปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

2. การสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ และตรวจสอบคุณภาพ ด้านค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความตรงตามเนื้อหาและความเที่ยง

2.1 ผลของการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาพีลิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงโดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สรุปผลการสร้างได้ ดังนี้

2.1.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัย เพื่อกำหนดเนื้อหา ที่ใช้ในการสร้างแบบสอบวินิจฉัย

2.1.2 กำหนดคุณลักษณะ จัดเรียงลำดับคุณลักษณะและจัดทำแผนภาพคุณลักษณะ ตามความสัมพันธ์ลำดับขั้นก่อนและหลัง เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ โดยใช้โครงสร้าง เครือข่าย (Network structure) เป็น โครงสร้างลำดับขั้นเชิงลู่ออก (Hierarchy with a divergent branch)

2.1.3 กำหนดเมทริกซ์คุณลักษณะของข้อสอบ (Q - matrix) ที่เป็นไปได้ทั้งหมด และเมทริกซ์การตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected response matrix) และคุณลักษณะของผู้สอบ (Examinee attributes)

2.1.4 สร้างแบบสอบวินิจฉัยตาม เมทริกซ์คุณลักษณะของข้อสอบ (Q - matrix) ที่กำหนดไว้

2.1.5 นำแบบสอบวินิจฉัยไปใช้ทดสอบกับนักเรียน

2.1.6 วินิจฉัยจุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียน

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาพีลิกส์

2.2.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบสอบวินิจฉัย การแก้โจทย์ปัญหาพีลิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า ข้อสอบแต่ละข้อ มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

2.2.2 ความเที่ยงตรงแบบสอดคล้องภายในด้วยวิธีของฮอยส์ของแบบสอบวินิจฉัย ข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาพีลิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง พบว่า มีความเที่ยงตรง .97

2.2.3 ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยใช้โมเดลการตอบสนอง ข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ พบว่า ค่าความยาก ( $b$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง -7.86 ถึง .61 แสดงให้เห็นว่า ข้อสอบเรียงจากข้อง่ายไปยาก โดยข้อที่ง่ายที่สุด คือ ข้อที่ 3 (-7.86) และอำนาจจำแนก ( $a$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง .16 ถึง 61.29 แสดงให้เห็นว่าข้อสอบสามารถจำแนกนักเรียนได้

3. เพื่อวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

ผลการวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียน จำนวน 360 คน โดยแบ่งตามคุณลักษณะพบว่า นักเรียนมีความรอบรู้มากที่สุดในคุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) คุณลักษณะที่ 2 วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2) คุณลักษณะที่ 3 การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3) คุณลักษณะที่ 4 การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A4) คุณลักษณะที่ 5 การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5) คุณลักษณะที่ 6 การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6) ตามลำดับ และนักเรียนขาดความรอบรู้มากที่สุดในคุณลักษณะที่ 7 การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A7)

## อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ แบ่งการอภิปรายเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) แบบสอบวินิจฉัยแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงโดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ 3) จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

1. ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ พบว่ามีข้อบกพร่องดังนี้ 1) นักเรียนมีความบกพร่องด้านการอ่านและตีความ โจทย์ ไม่สามารถวิเคราะห์ความหมายของ โจทย์ปัญหา สิ่งที่โจทย์ให้มา สิ่งที่โจทย์ต้องการได้ 2) นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สัญลักษณ์ของตัวแปรของ โจทย์ กล่าวคือ นักเรียนไม่สามารถแทนตัวแปรของค่าสำคัญใน โจทย์ได้ ทำให้แทนค่าลงในสมการไม่ได้ 3) นักเรียนไม่สามารถคำนวณหาสิ่งที่ โจทย์ต้องการได้ และหน่วยการเรียนรู้ที่พบข้อบกพร่องมากที่สุด คือ หน่วยการเรียนรู้ การเคลื่อนที่ เมื่อนำแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะไปวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความรอบรู้ในด้านการอ่านและตีความ โจทย์ การวิเคราะห์สัญลักษณ์ของตัวแปร แต่ขาดความรอบรู้ในด้านการคำนวณหาสิ่งที่ โจทย์ต้องการ แสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดความบกพร่องในด้านทักษะการคำนวณมากกว่าการอ่าน และ

ตีความโจทย์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์ (2543) ที่สรุปว่า ความบกพร่องทางด้านคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนมีความลำบากในการ คิดคำนวณทางคณิตศาสตร์แม้ว่าจะเป็น การแก้โจทย์เลขที่ง่ายๆ ซึ่งการคิดคำนวณจะเกี่ยวข้องกับการคิด และการจดจำ จำนวน และสัญลักษณ์การจดจำข้อเท็จจริง เช่น การจำสูตรคูณ การเรียงลำดับตัวเลข และ ยังรวมไปถึง การเข้าใจความคิดรวบยอดที่เป็นนามธรรมอีกด้วย สอดคล้องกับ ผดุง อารยะวิญญู (2549) เด็กส่วนใหญ่ที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ ด้านการคำนวณ พบว่า มีปัญหาในการนับเลข การเข้าใจความหมายของจำนวน การคำนวณพื้นฐาน และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ทำให้เด็ก มีปัญหาในการเรียนคณิตศาสตร์ตลอดทุกเนื้อหาวิชา

ผลการวิจัยในครั้งนี้ยังพบว่า เรื่องที่นักเรียนขาดความรอบรู้มากที่สุด คือ การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง เนื่องจากการหาความเร่งมีขั้นตอนที่ซับซ้อน นักเรียนต้องมีความรู้ในเรื่องต่างๆ โดยเฉพาะการหาความเร็ว เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความเร่ง ดังนั้น โจทย์ข้อที่นักเรียนทำไม่ได้มากที่สุดคือ ข้อ 13 ซึ่งเป็นการคำนวณที่นักเรียนต้องใช้รอบรู้ครบทุกคุณลักษณะ

2. แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์นี้ สร้างโดยใช้แนวคิดโมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะของ Leighton, Gierl and Hunka (2000) โดยนำข้อบกพร่องในแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ที่ได้จากการสัมภาษณ์หน่วยการเรียนรู้ที่บกพร่องมากที่สุด สร้างเป็นคุณลักษณะ และเมทริกซ์คุณลักษณะของข้อสอบ (Q - matrix) ตามความสัมพันธ์ลำดับขั้นก่อนและหลัง เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ โดยใช้โครงสร้างเครือข่าย (Network structure) เป็น โครงสร้างลำดับขั้นเชิงคู่ออก (Hierarchy with a divergent branch) ความสัมพันธ์ของคุณลักษณะแยกออกเป็น 2 ทาง ไม่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียวกัน นั่นคือ การกำหนดคุณลักษณะเริ่มต้น เป็นสิ่งที่ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะอื่นเสมอ (Leighton, Gierl & Hunka, 2007) จากขั้นตอนการสร้างพบว่าขั้นตอนที่ทำได้ยาก คือ การกำหนดเมทริกซ์คุณลักษณะของข้อสอบ (Q - matrix) การไล่เส้นทางของโมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะจะต้องทำการศึกษาแนวคิดของ AHM หากขาดความรู้ความเข้าใจอาจทำให้ไล่เส้นทางผิดได้ จากการดำเนินการได้ข้อสอบที่มีจำนวน 7 คุณลักษณะ 13 ข้อ แบบสอบวินิจฉัยมีจำนวนข้อที่ไม่มาก แต่ครอบคลุมทุกคุณลักษณะ ทำให้นักเรียนลดความเบื่อหน่ายในการทำข้อสอบทำให้เกิดการเดาข้อสอบและไม่ผ่านกระบวนการคิด วิธีการสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรารธนา พลอภิชาติ (2556) ได้การสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ ได้กล่าวว่าการสร้างแบบสอบวินิจฉัยมีขั้นตอนการ ตั้งแต่การกำหนดเนื้อหา การกำหนดคุณลักษณะ

การเรียงลำดับและการสร้าง โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ จนถึงการคำนวณคะแนนเชิงวินิจฉัย โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีเบย์ (Bayes' theorem)

จากการทดสอบเพื่อตรวจคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัย ด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้รับพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า ค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยมีค่า 1.00 ซึ่งพิจารณาจากเกณฑ์ IOC ควรมากกว่าหรือเท่ากับ .80 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 242) แสดงให้เห็นว่า แบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นวัดได้สอดคล้องกับเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ สรวาท ทองบุ (2555, หน้า 105) กล่าวว่า ความตรงตามเนื้อหาเป็นการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ในเนื้อหาและถูกต้องของแบบทดสอบที่สะท้อนความถูกต้องของความคิดรวบยอด (Concept)

การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ ด้านค่าความยาก ( $b$ ) ของแบบสอบวินิจฉัย มีค่าอยู่ระหว่าง  $-7.86$  ถึง  $.61$  ด้านค่าอำนาจจำแนก ( $a$ ) ของแบบสอบวินิจฉัย มีค่าอยู่ระหว่าง  $.16$  ถึง  $61.29$  แสดงให้เห็นว่าข้อสอบค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกสามารถจำแนกนักเรียนได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545, หน้า 48) สอดคล้องกับ งานวิจัย อมรรัตน์ สร้อยสังวาล (2551) การพัฒนาวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับชั้นของคุณลักษณะและการทดสอบแบบปรับเหมาะ โดยใช้คอมพิวเตอร์ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง  $-0.82$  ถึง  $1.17$  ซึ่งข้อสอบอยู่ในเกณฑ์ง่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิพย์ ขำอยู่ (2556) การวินิจฉัยทักษะการอ่านภาษาอังกฤษโดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะและการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ ค่าความยากอยู่ระหว่าง  $-0.04$  ถึง  $.51$

ค่าความเที่ยงตรงแบบสอดคล้องภายในด้วยวิธีของฮอยส์ของแบบสอบวินิจฉัย ข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง มีความเที่ยงตรง  $.97$  ซึ่งมากกว่า  $.70$  (Hoyt, 1941 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, หน้า 74 - 76) สอดคล้องกับ งานวิจัยของ ศีลากาญจน์ รุ่งเรือง (2558) การพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์และทักษะการทำงานร่วมกัน โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาพร้อมกับ การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีค่าความเที่ยงตรงแบบ สอดคล้องภายใน  $.82$

3. จุดอ่อนและจุดแข็งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

การวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียน โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหา ฟิสิกส์ สามารถวินิจฉัยผู้สอบตามคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนมีความรอบรู้มากที่สุดในเรื่อง



ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ เนื่องจากเป็นคุณลักษณะที่ไม่ต้องมีความรู้ในการคิดคำนวณ ใช้เพียงความรู้ด้านการแปลความหมาย และคุณลักษณะที่ขาดความรอบรู้มากที่สุด คือ การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ซึ่งนักเรียนจะต้องมีความรู้ในคุณลักษณะอื่นมาก่อนและต้องมีความรู้ในการคิดคำนวณ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จตุพร แสนเมืองชิน (2551) กล่าวว่า ข้อผิดพลาดที่พบในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ได้แก่ ขั้นตอนการวิเคราะห์ สังเคราะห์ โจทย์ปัญหา ขาดทักษะพื้นฐานในการคิดคำนวณ และใช้สูตร และกฎตรงไม่ตรงกับนิยามที่โจทย์ให้ และ สุนิสา พงษ์ประยูร (2543) ได้ศึกษา ข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการ กล่าวว่า ข้อบกพร่องของนักเรียนคือการแก้สมการหาคำตอบที่โจทย์ต้องการ คิดเป็นร้อยละ 80 ผลการวิจัยนี้แตกต่างจากทิวพร รักศิลป์(2553) การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนบกพร่องในเรื่อง การแปลความหมาย โจทย์ผิดมากที่สุด รองลงมาเป็นการคำนวณ และการตรวจคำตอบ

การจัดเนื้อหาออกเป็นลำดับขั้นคุณลักษณะเป็นวิธีการที่ดีในการค้นหาสาเหตุและแก้ไข ข้อบกพร่อง เพราะการวินิจฉัยเป็นลำดับขั้นคุณลักษณะ สามารถบอกได้ว่าผู้เรียนมีความบกพร่องในคุณลักษณะใดมากน้อยเพียงใด และสาเหตุของความบกพร่องนั้นคืออะไร จะได้มีการแก้ไข ข้อบกพร่องของนักเรียนได้ตรงจุด แสดงให้เห็นว่าแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีลำดับขั้นคุณลักษณะ จะทำให้สามารถแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคลได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Gronlund (1976, p. 139) ที่กล่าวว่า การสร้างแบบสอบวินิจฉัยก็เพื่อหาข้อบกพร่องของนักเรียนและข้อสอบแต่ละข้อสามารถค้นหาสาเหตุของการตอบผิดได้ Brown (1970, p. 225) ที่กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่ใช้ค้นหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยมุ่งที่จะสอนซ่อมเสริมและให้การแนะแนว ได้ตรงจุด

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อค้นหาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เพื่อปรับปรุงวิธีการสอนให้สอดคล้องกับข้อบกพร่องของนักเรียน พร้อมทั้งวินิจฉัยจุดอ่อนและจุดแข็ง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ และให้มีคุณภาพด้าน ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ความตรงตามเนื้อหาและความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน ครูสามารถนำผลวิจัยไปปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพได้

2. หากต้องการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ ควรมีการศึกษา หลักการสร้างอย่างละเอียดทุกขั้นตอน ตั้งแต่การกำหนดคุณลักษณะ รวมไปถึง การกำหนด Q - Matrix จะทำให้การวินิจฉัยมีความชัดเจนมากขึ้น

#### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรนำไปพัฒนาวิธีการสร้างแบบสอบวินิจฉัยด้วยวิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ ในวิชาอื่น ๆ เพื่อวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียน
2. ควรนำวิธีการสร้างแบบสอบวินิจฉัยแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ ด้วยวิธีลำดับชั้นคุณลักษณะไปประยุกต์ใช้กับการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์
3. ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการวินิจฉัยโดยใช้โมเดลประเภทอื่น ๆ เช่น Log linear Congnitive Diagnosis Model (LCDM) หรือ General Diagnostic Model (GDM) เป็นต้น มาเป็นแนวคิดพัฒนาวิธีการสร้างแบบสอบวินิจฉัย

## บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2539). *แนวทางสร้างแบบทดสอบวินิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน*.  
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.  
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- จตุพร แสนเมืองชิน. (2551). *การสร้างแบบทดสอบวินิจัยวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน  
และร้อยละ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต,  
สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์,  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ชวลิต ชูคำแหง. (2550). *การประเมินการเรียนรู้*. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.  
มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2553). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 12).  
ไทยเนรมิต อินเทอร์เน็ตโปรดักส์ซีพี.
- โชติกา ภาษีผล. (2554). *การสร้างและพัฒนาเครื่องมือในการวัดและประเมินผลการศึกษา*  
(พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน. (2556). *การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย*. มหาสารคาม:  
ตักศิลาการพิมพ์.
- ทิพย์ จำอยู่. (2556). *การวินิจัยทักษะการอ่านภาษาอังกฤษโดยประยุกต์โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ  
และการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์*. คุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต,  
สาขาวิชาการวัดและเทคโนโยีทางวิทยาการปัญญา, วิทยาลัยวิทยาการวิจัย  
และวิทยาการปัญญา, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ทิวาพร รักศิลป์. (2553). *การสร้างแบบทดสอบวินิจัยคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหา  
ร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่  
การศึกษาเลย เขต 1*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิจัยและประเมินผล  
การศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- ปรารธนา พลอภิชาติ. (2556). *การพัฒนาคู่มือการสร้างแบบสอบวินิจัยการแก้โจทย์ปัญหา  
คณิตศาสตร์สำหรับครูประถม โดยใช้โมเดลข้อสอบและวิธีลำดับขั้นคุณลักษณะ*.  
คุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผล, คณะครุศาสตร์,  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- พนิชา สังข์เพ็ชร. (2535). *การพัฒนาดัชนีความสอดคล้องของแบบแผนการตอบข้อสอบรายบุคคล*. คุษุณินิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2551). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: เข้าส์ ออฟ เคอร์ มีส์ท์.
- ไพศาล วรคำ. (2554). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- รมิตา ชื่นเปรมชีพ. (2559). *ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. (2535). *วิธีวิจัยการศึกษา*. กรุงเทพฯ: การพิมพ์.
- ฤตินันท์ สมุทรทัย. (2545). *การวัดและประเมินผลการศึกษาเบื้องต้น*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์. (2543). *ความบกพร่องในการเรียนรู้หรือแอลดี: ปัญหาการเรียนรู้ที่แก้ไขได้*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2545). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548). *ทฤษฎีการประเมิน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการวัดและประเมินทางการศึกษา*. ร(2), 274 - 281.

- ศิริเดช สุชีวะ. (2546). การวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของผู้เรียน. ในบรรณาธิการ สุวิมล ว่องวานิช, หนังสือชุดปฏิรูปการศึกษา “การประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่” หน้า 254 - 276. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิลากาญจน์ รุ่งเรือง. (2558). การพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการทำงานร่วมกัน โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาพร้อมกับ การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2558). คู่มือการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- สมนึก ภัททิยธนี. (2549). การวัดผลการศึกษา. กอพลินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2551). การประเมินผลและการสร้างแบบทดสอบ (พิมพ์ครั้งที่ 6). กอพลินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2553). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 7). กอพลินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2551). ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. กอพลินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สุชานาถ คำพินันท์. (2559). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สุเทพ สันติวรานนท์. (2553). แบบทดสอบวินิจฉัยและแนวทางในการสร้าง. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 6, 67 - 73.
- สุปราณี บุระ. (2557). การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการ เลขคณิตพื้นฐาน โดยใช้คอมพิวเตอร์: การประยุกต์โมเดลดีไอเอ็นเอ. ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผล, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรวาท ทองบุ. (2553). การวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 6). มหาสารคาม: อภิชาตการพิมพ์.

- อมรรัตน์ สร้อยสังวาล. (2551). *การพัฒนาวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะและการทดสอบแบบปรับเหมาะ โดยใช้คอมพิวเตอร์*.  
 คู่มือนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดและประเมินผล, คณะครุศาสตร์,  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุบลวรรณ ภวกันันท์. (2555). *จิตวิทยาการรู้คิด และปัญญา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์  
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- เอมอร จังศิริพรปภรณ์. (2550). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิจัย  
 และจิตวิทยาการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไอนิง เจ๊ะเหลาะ. (2558). *การศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของ  
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*.  
*วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*,  
 2(1), 1 - 11.
- Brown, F. G. (1970). *Principles of educational and psychological testing*. New York:  
 Holt, Rinehart and Winston.
- Clark, A. K. (2013). *Validation of cognitive diagnostic model across multiple forms of a  
 reading comprehension assessment*. Doctoral dissertation, Department of  
 Psychology and Research, University of Kansas.
- Gierl, M. J. (2007). Making diagnostic inferences about cognitive attributes using the rule  
 space model and attribute hierarchy method. *Journal of Educational Measurement*,  
 44, 325 - 340.
- Gierl, M. J., Alves, C., & Taylor - Majeau, R. (2010). Using the Attribute Hierarchy Method to  
 make diagnostic inferences about examinees' skills in mathematics: An operational  
 implementation of cognitive diagnostic assessment. *International Journal of Testing*,  
 10, 318 - 341.
- Gierl, M. J., Cui, Y., & Zhou, J. (2009). Reliability and attribute - based scoring in cognitive  
 diagnostic assessment. *Journal of Educational Measurement*, 46(3), 293 - 313.
- Gierl, M. J., Leighton, J. P., & Hunka, S. P. (2000). Exploring the logic of Tatsuoka's rule  
 space model for test development and analysis. *Educational Measurement:  
 Issue and Practice*, 19, 34 - 44.

- Gierl, M. J., Wang, C., & Zhou, J. (2008). Using the Attribute Hierarchy Method to Make Diagnostic Inferences about Examinees' Cognitive Skills in Algebra on the SAT. *Journal of Technology, Learning, and Assessment, 6*(6), 4 - 50.
- Gierl, M. J., Zhou, J. & Alves, C. (2008). Developing a taxonomy of item model types to promote assessment engineering. *The Journal of Technology, Learning, and Assessment, 7*(2), 1 - 51.
- Leighton, J. P. et al. (2012). Teacher beliefs about the cognitive diagnostic information of classroom - versus large - scale tests: implications for assessment literacy. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 17*(1), 7 - 21.
- Leighton, J. P., & Gierl, M. J. (2007). *Cognitive diagnostic assessment for education: theory and application*. New York, USA: Cambridge University Press.
- Leighton, J. P., Cui, Y., & Cor, M. K. (2009). Testing expert-based and student - based Cognitive models: An application of the AHM and HCI. *Applied Measurement in Education, 22*, 1 - 26.
- Leighton, J. P., Gierl, M. J., & Hunka, S. (2004). The attribute hierarchy method for cognitive assessment: A variation on Tatsuoka's rule - space approach. *Journal of Educational Measurement, 41*, 205 - 237.

ภาคผนวก



**ภาคผนวก ก**

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

## รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

1. ดร.ปรารธนา พลอภิชาติ  
 อาจารย์ประจำ  
 ภาควิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา  
 คณะศึกษาศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช  
 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ สิริสวัสดิ์  
 อาจารย์ประจำ  
 ภาควิชาการจัดการเรียนรู้  
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
 ผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์
3. ดร.สรพงษ์ เจริญกฤตยาวุฒิ  
 อาจารย์ประจำ  
 ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์  
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล
4. ดร.ณัฐกฤตา งามมีฤทธิ์  
 อาจารย์ประจำ  
 ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์  
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล
5. นายฉัตรชัย หัสดร  
 ครู สอนวิชาฟิสิกส์ 15 ปี  
 วิทยาศาสตร์มหำบัณฑิต (ฟิสิกส์ศึกษา)  
 ผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์

ภาคผนวก ข

แบบสอบวินิจฉัยการแก้ไขข้อบกพร่องวิชาฟิสิกส์

เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงโดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

**แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง  
โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ**

**คำชี้แจง**

แบบสอบวินิจฉัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการงานวิจัย เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดระยอง

**รายละเอียดแบบสอบวินิจฉัย**

1. แบบทดสอบ มีทั้งหมด 7 หน้า
2. แบบทดสอบทั้งหมดมีจำนวน 13 ข้อ รวม 13 คะแนน ใช้เวลา 1 ชั่วโมง
3. ในการตอบคำถามให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

**ความเข้าใจการอ่านโจทย์เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง(A1)**

1. จงพิจารณาโจทย์ “รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่จากทิศเหนือ ไปยังทิศใต้ด้วยระยะทาง 350 เมตร จากนั้นวิ่งต่อไป ทางทิศตะวันออกอีก 500 เมตร รถคันนี้เคลื่อนที่ทั้งหมดกี่เมตร” จากโจทย์ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคืออะไร

.....

**การวิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปรโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A1,A2)**

2. มะปรางใช้เวลา 30 วินาที เดินจากบ้านไปโรงเรียนด้วยระยะทาง 60 เมตร มะปรางเดินด้วยความเร็วเท่าไรจากโจทย์ สิ่งที่โจทย์ให้มาและสิ่งที่โจทย์ถาม มีตัวแปรอะไรบ้าง

.....

**การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง(A1, A2, A3)**

3. รถคันหนึ่งเคลื่อนที่จากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก 500 เมตร ต่อมาเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ อีก 200 เมตร รถคันนี้วิ่งได้ระยะทางเท่าไร

.....

**การหาระยะทางและอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A4)**

4. รถไฟขบวนหนึ่งออกเดินทางจากสถานีหัวลำโพงไปยังสถานีลำปางระยะทาง 300 กิโลเมตร และเดินทางต่อไปยังสถานีเชียงใหม่อีก 100 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางทั้งหมด 8 ชั่วโมง รถไฟขบวนนี้แล่นด้วยอัตราเร็วกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง

.....

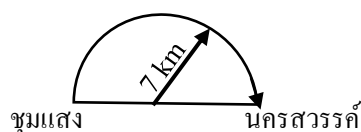
**การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A5)**

5. สมหมายเดินตรงไปข้างหน้า 100 เมตร จากนั้นสมหมายได้เดินถอยหลัง 20 เมตร จงหาการกระจัด

.....

**การหาระยะทางและการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A5)**

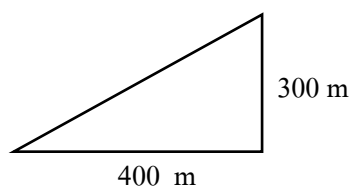
6. มีนาขับรถยนต์ออกจากชุมแสงไปยังนครสวรรค์ ดังรูป จงหาระยะทางและการกระจัด



.....

**การหาระยะทาง อัตราเร็ว และการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A4, A5)**

7. สมชายขี่รถจักรยานยนต์ไปทางทิศตะวันออก 400 เมตร และขี่ต่อไปยังทิศเหนืออีก 300 เมตร โดยใช้เวลาดังกล่าวทั้งหมด 7 วินาที จงหาการกระจัดและอัตราเร็ว



.....

**การหาการกระจัดและความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A5, A6)**

8. รถกระบะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออก 100 กิโลเมตร จากนั้นเคลื่อนที่มาทางทิศตะวันตก 20 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ทั้งหมด 2 ชั่วโมง รถกระบะคันนี้มีความเร็วเท่าใด

.....

การหาระยะทาง การกระจัด ความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A5, A6)

9. สมใจวิ่งรอบสนามเป็นวงกลมที่มีความยาวรอบสนาม 200 เมตร จำนวน 2 รอบ ใช้เวลา 40 วินาที  
จงหาระยะทางและความเร็วของสมใจ

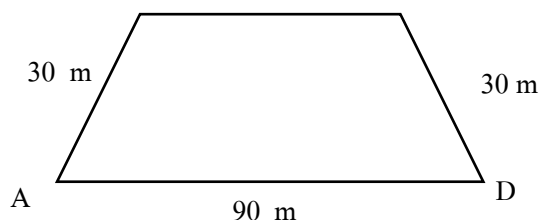
.....

การหาระยะทาง อัตราเร็ว การกระจัด ความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A4, A5, A6)

10. ปู่กวี้งจากตำแหน่ง A ไป D ตามแนว  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$  ดังรูป ใช้เวลานาน 30 วินาที

จงหาระยะทาง

การกระจัด อัตราเร็ว และความเร็ว C



.....

การหาการกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A5, A6, A7)

11. วัตถุหนึ่งเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง ไปข้างหน้า 50 เมตร จากนั้นย้อนกลับมาทางเดิม 20 เมตร  
ใช้เวลาทั้งหมดในการเคลื่อนที่ 10 วินาที วัตถุก้อนนี้มีความเร่งเท่าใด

.....

การหาระยะทาง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของ การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A1, A2, A3, A5, A6, A7)

12. มะเหมี่ยวขี่จักรยานไปทางเหนือด้วยระยะทาง 600 เมตร เป็นเวลานาน 20 วินาที จากนั้น  
ก็ขี่ไปทางตะวันออกด้วยระยะทาง 800 เมตร เป็นเวลานาน 10 วินาที ระยะทาง  
และความเร่งในการขี่จักรยานของมะเหมี่ยวเป็นเท่าใด

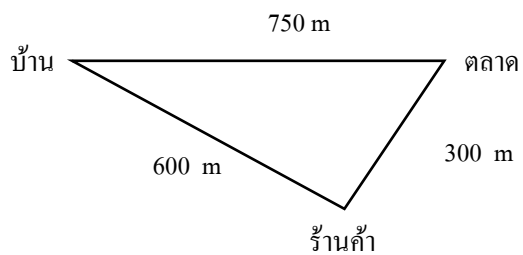
.....

การหาระยะทาง อัตราเร็ว การกระจัด ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

(A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7)

13. ในเวลา 5 นาที เรณูวิ่งจาก บ้าน ไปถึง ตลาด

ตามเส้นทาง บ้าน  $\rightarrow$  ร้านค้า  $\rightarrow$  ตลาด ดังรูป ขนาดของอัตราเร็ว และความเร่งมีค่าเป็นเท่าใด



## คู่มือการใช้แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

โดยผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้สำหรับผู้ที่สนใจเพื่อบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบสอบวินิจฉัยซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

### วัตถุประสงค์

แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ฉบับนี้สร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการค้นหาและวินิจฉัยข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 การวินิจฉัยข้อบกพร่องในครั้งนี้ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ของครูให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและพัฒนาความรู้ของนักเรียน

### โครงสร้างและลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ฉบับนี้ ประกอบด้วยข้อสอบอัตนัยแบบเติมคำตอบ จำนวน 13 ข้อ มีคุณลักษณะจำนวน 7 คุณลักษณะ ดังนี้

- 1) ความความเข้าใจการอ่าน โจทย์ 2) วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 3) การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง 4) การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง 5) การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง 6) การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง 7) การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ซึ่งในแต่ละข้อจะมีโครงสร้างของข้อสอบ ดังนี้



ข้อ	เมทริกซ์แสดงแบบ แผนคุณลักษณะ	คุณลักษณะ	คุณลักษณะของข้อสอบ
1	1000000	1	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1)
2	1100000	1, 2	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) - วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ (A2)
3	1110000	1, 2, 3	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) - วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ (A2) - การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)
4	1111000	1, 2, 3, 4	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) - วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ (A2) - การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3) - การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A4)
5	1100100	1, 2, 5	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) - วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2) - การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)
6	1110100	1, 2, 3, 5	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) - วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2) - การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3) - การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)

ข้อ	เมทริกซ์แสดงแบบ แผนคุณลักษณะ	คุณลักษณะ	คุณลักษณะของข้อสอบ
7	1111100	1, 2, 3, 4, 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</li> <li>- การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A4)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> </ul>
8	1100110	1, 2, 5, 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> <li>- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)</li> </ul>
9	1110110	1, 2, 3, 5, 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> <li>- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)</li> </ul>

ข้อ	เมทริกซ์แสดงแบบ แผนคุณลักษณะ	คุณลักษณะ	คุณลักษณะของข้อสอบ
10	1111110	1, 2, 3, 4, 5, 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</li> <li>- การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A4)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> <li>- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)</li> </ul>
11	1100111	1, 2, 5, 6, 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> <li>- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)</li> <li>- การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A7)</li> </ul>
12	1110111	1, 2, 3, 5, 6, 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1)</li> <li>- วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2)</li> <li>- การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3)</li> <li>- การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5)</li> </ul>

ข้อ	เมทริกซ์แสดงแบบ แผนคุณลักษณะ	คุณลักษณะ	คุณลักษณะของข้อสอบ
			- การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6)
			- การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A7)
13	1111111	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	- ความเข้าใจการอ่าน โจทย์ (A1) - วิเคราะห์ความหมาย สัญลักษณ์ของตัวแปร โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (A2) - การหาระยะทางของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A3) - การหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A4) - การหาการกระจัดของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A5) - การหาความเร็วของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A6) - การหาความเร่งของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (A7)

### การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย

การสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัย เพื่อกำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบสอบวินิจฉัย กำหนดคุณลักษณะ จำนวน 7 คุณลักษณะ จัดเรียงลำดับคุณลักษณะและจัดทำแผนภาพคุณลักษณะตามความสัมพันธ์ลำดับขั้นก่อนและหลัง เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ โดยใช้โครงสร้างเครือข่าย (Network structure) เป็น โครงสร้างลำดับขั้นเชิงกู่อก (Hierarchy with a divergent branch) ได้เมทริกซ์คุณลักษณะของข้อสอบ (Q - matrix) ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจำนวน 13 ข้อ สร้างแบบสอบวินิจฉัย นำแบบสอบวินิจฉัยไปใช้ทดสอบกับนักเรียน ตรวจสอบคุณภาพรายข้อ โดยการวิเคราะห์ค่าความยาก อำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบ

แบบ 2 พารามิเตอร์ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในโดยใช้วิธีของฮอยท์ วินิจฉัยจุดอ่อน และจุดแข็งของนักเรียนและจัดทำคู่มือการใช้แบบสอบวินิจฉัย

### คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัย

1. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหา วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า ข้อสอบแต่ละข้อ มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

2. ความเที่ยงตรงแบบสอดคล้องภายในด้วยวิธีของฮอยท์ของแบบสอบวินิจฉัย ข้อบกพร่องการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง พบว่า มีความเที่ยงตรง .97

3. ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบ แบบ 2 พารามิเตอร์ พบว่า ค่าความยาก ( $b$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง -7.86 ถึง .61 แสดงให้เห็นว่าข้อสอบ เรียงจากข้อง่ายไปยาก โดยข้อที่ง่ายที่สุด คือ ข้อที่ 3 (-7.86) และอำนาจจำแนก ( $a$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.16 ถึง 61.29 แสดงให้เห็นว่าข้อสอบสามารถจำแนกนักเรียนได้

### เวลาที่ใช้ในการดำเนินการสอบ

แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จะเป็นแบบทดสอบที่ไม่จำกัดเวลา ในการตอบ เพื่อที่จะทำให้นักเรียนได้ทำแบบทดสอบอย่างเต็มความสามารถ ทำข้อสอบได้ครบทุกข้อ และไม่เคาคำตอบ มีประโยชน์ที่จะทำให้นักเรียนสามารถวินิจฉัยข้อบกพร่องหรือสาเหตุของนักเรียน ได้ถูกต้อง

### วิธีการดำเนินการสอบ

#### 1. การเตรียมตัวก่อนทำการสอบ

1.1 เตรียมแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับชั้นของคุณลักษณะ ฉบับสมบูรณ์กระดาษคำตอบ เท่ากับจำนวนผู้เข้าสอบ และสำรองไว้สำหรับแบบทดสอบที่ไม่สมบูรณ์ จำนวน 5 % ของผู้เข้าสอบ

1.2 ผู้ดำเนินการสอบต้องศึกษาคำชี้แจงในแบบทดสอบ รวมทั้งตัวอย่างคำถาม และวิธีการตอบคำถามที่ถูกต้องให้ชัดเจนอย่างน้อย 1 ครั้ง เพื่อที่จะให้การดำเนินการสอบ เป็นไปอย่างถูกต้องเรียบร้อย และรวดเร็ว

## 2. การดำเนินการขณะสอบ

### 2.1 ชี้แจงวัตถุประสงค์ในการสอบและวิธีการปฏิบัติของนักเรียน

ในขณะดำเนินการสอบ

2.2 แจกแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะและกระดาศำตอบ 2.3 อธิบายวิธีการทำแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ ตามคำชี้แจงในแบบสอบโดยอธิบายให้นักเรียนฟัง หากนักเรียนสงสัยให้ยกมือถาม

2.4 ถ้านักเรียนเข้าใจอย่างดีแล้วให้ลงมือแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ และผู้ดำเนินการสอบควรปฏิบัติดังต่อไปนี้

2.4.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยในการสอบตลอดจนปัญหาต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น  
ในขณะสอบ

2.4.2 ถ้านักเรียนทำเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดอนุญาตให้ออกจากห้องสอบได้

2.4.3 เก็บรวบรวมกระดาศำตอบ แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะให้ถูกต้อง ครบถ้วนและเรียบร้อย

### การตรวจให้คะแนน

1. นำกระดาศำตอบของนักเรียนมาตรวจให้คะแนน ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน  
ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน

2. รวมคะแนนทั้งหมดของนักเรียนที่ทำ แบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

3. เฉลยคำตอบของแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ ข - 1

ตารางที่ ข - 1 เกลยคำตอบของแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่  
แนวเส้นตรง โดยใช้วิธีลำดับขั้นของคุณลักษณะ

ข้อที่	เฉลยคำตอบ
1	ระยะทาง
2	สิ่งที่โจทย์ให้ คือเวลา,ระยะทาง สิ่งที่โจทย์ถาม คือ ความเร็ว
3	700 เมตร
4	50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
5	80 เมตร
6	ระยะทาง คือ 22 เมตร การกระจัด คือ 14 เมตร
7	การกระจัด คือ 500 เมตร อัตราเร็ว คือ 100 เมตร
8	40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
9	ระยะทาง คือ 400 เมตร ความเร็ว คือ 0 เมตร
10	อัตราเร็ว คือ 4 เมตรต่อวินาที ความเร็ว คือ 3 เมตรต่อวินาที
11	$\frac{3}{10}$ หรือ 0.3 เมตรต่อวินาที
12	ระยะทาง คือ 1,000 เมตร ความเร่ง คือ 5 เมตรต่อวินาที
13	อัตราเร็ว คือ 180 เมตรต่อนาที ความเร่ง คือ 30 เมตรต่อนาที

#### การวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียน

การวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียน โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเบย์  
ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เกณฑ์ที่ใช้ในการวินิจฉัยจุดแข็งจุดอ่อนของนักเรียน  
เป็นรายคุณลักษณะ

**เกณฑ์ร้อยละความรอบรู้ของนักเรียน**

ร้อยละ 0 - 40 หมายถึง นักเรียนขาดความรู้ในคุณลักษณะนั้น ๆ

ร้อยละ 41 - 60 หมายถึง นักเรียนมีความรู้บางส่วนในคุณลักษณะนั้น ๆ

ร้อยละ 61 - 100 หมายถึง นักเรียนมีความรู้ในคุณลักษณะนั้น ๆ อย่างชัดเจน



#### ภาคผนวก ค

- เมทริกซ์ Q (Incidence matrix)
- ตัวอย่างการคำนวณหาค่า  $HCI_i$
- ผลการตรวจสอบความสอดคล้องรูปแบบการตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected response patterns) กับรูปแบบการตอบข้อสอบจริง (Actual item response patterns) ด้วยดัชนี  $HCI_i$  รายบุคคล



### ตัวอย่างการคำนวณหาค่า $HCI_i$

ตัวอย่าง แบบสอบที่คาดหวัง แบบแผนที่ 2 คือ 11000000000000

โดย  $S_{correct_i} = \{1,2\}$

$$S_1 = \{ \}$$

$$S_2 = \{1\}$$

$$N_{c_i} = 1$$

$$X_{i_1} = 1 \text{ (ตอบถูกในข้อที่ 1)}$$

$$X_{i_2} = 1 \text{ (ตอบถูกในข้อที่ 2)}$$

จากสมการ

$$HCI_i = 1 - \frac{2 \sum_{j \in S_{correct_i}} \sum_{g \in S_j} X_{ij} (1 - X_{ig})}{N_{c_i}}$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$HCI_i = 1 - \frac{2(X_{i_1}(1 - X_{i_{\{1\}}}) + X_{i_2}(1 - X_{i_{\{1\}}}))}{1}$$

$$HCI_i = 1 - \frac{2(0)}{1} = 1$$

ตารางที่ ค - 2 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องรูปแบบการตอบข้อสอบที่คาดหวัง (Expected response patterns) กับรูปแบบการตอบข้อสอบจริง (Actual item response patterns) ด้วยดัชนี HCI, รายบุคคล

คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI
1	0.85	15	0.85	29	0.85	43	0.85	57	0.67	71	0.71
2	0.85	16	0.85	30	0.71	44	0.83	58	0.73	72	0.71
3	0.32	17	0.78	31	0.38	45	0.85	59	0.81	73	0.85
4	0.84	18	0.85	32	0.85	46	0.72	60	0.85	74	0.66
5	0.39	19	0.36	33	0.71	47	0.85	61	0.71	75	0.20
6	0.78	20	0.78	34	0.85	48	0.85	62	0.71	76	0.85
7	0.32	21	0.85	35	0.85	49	0.71	63	0.71	77	0.85
8	0.78	22	0.85	36	0.36	50	0.71	64	0.85	78	0.85
9	0.46	23	0.85	37	0.85	51	0.85	65	0.40	79	0.85
10	0.85	24	0.85	38	0.71	52	0.71	66	0.80	80	0.77
11	0.85	25	0.85	39	0.85	53	0.85	67	0.78	81	0.85
12	0.82	26	0.80	40	0.85	54	0.85	68	0.77	82	0.81
13	0.83	27	0.85	41	0.85	55	0.85	69	0.31	83	0.85
14	0.78	28	0.37	42	0.84	56	0.37	70	0.85	84	0.84

ตารางที่ ค - 2 (ต่อ)

คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI
85	0.84	103	0.70	121	0.72	139	0.22	157	0.44	175	0.84
86	0.85	104	0.80	122	0.37	140	0.74	158	0.85	176	0.85
87	0.81	105	0.19	123	0.84	141	0.83	159	0.69	177	0.72
88	0.81	106	0.85	124	0.71	142	0.80	160	0.71	178	0.79
89	0.80	107	0.82	125	0.72	143	0.85	161	0.85	179	0.82
90	0.85	108	0.82	126	0.67	144	0.81	162	0.68	180	0.82
91	0.85	109	0.80	127	0.54	145	0.23	163	0.71	181	0.42
92	0.85	110	0.85	128	0.67	146	0.29	164	0.85	182	0.41
93	0.67	111	0.85	129	0.69	147	0.84	165	0.85	183	0.41
94	0.78	112	0.82	130	0.84	148	0.75	166	0.85	184	0.48
95	0.24	113	0.79	131	0.75	149	0.46	167	0.18	185	0.50
96	0.20	114	0.82	132	0.85	150	0.68	168	0.45	186	0.53
97	0.80	115	0.85	133	0.67	151	0.85	169	0.37	187	0.48
98	0.85	116	0.68	134	0.28	152	0.67	170	0.40	188	0.83
99	0.80	117	0.72	135	0.36	153	0.85	171	0.84	189	0.83

ตารางที่ ค - 2 (ต่อ)

คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI
100	0.71	118	0.36	136	0.85	154	0.85	172	0.72	190	0.66
101	0.85	119	0.85	137	0.76	155	0.85	173	0.71	191	0.75
102	0.82	120	0.85	138	0.37	156	0.84	174	0.80	192	0.83
193	0.68	211	0.74	229	0.69	247	0.76	265	0.81	283	0.79
194	0.49	212	0.85	230	0.71	248	0.76	266	0.37	284	0.85
195	0.78	213	0.79	231	0.70	249	0.53	267	0.85	285	0.36
196	0.78	214	0.72	232	0.85	250	0.81	268	0.75	286	0.82
197	0.82	215	0.76	233	0.56	251	0.36	269	0.84	287	0.76
198	0.44	216	0.85	234	0.72	252	0.76	270	0.84	288	0.85
199	0.70	217	0.73	235	0.83	253	0.83	271	0.78	289	0.75
200	0.82	218	0.71	236	0.82	254	0.75	272	0.85	290	0.79
201	0.82	219	0.67	237	0.76	255	0.77	273	0.81	291	0.82
202	0.80	220	0.54	238	0.82	256	0.79	274	0.85	292	0.82
203	0.85	221	0.65	239	0.43	257	0.36	275	0.85	293	0.69
204	0.85	222	0.76	240	0.43	258	0.79	276	0.81	294	0.82

ตารางที่ ค - 2 (ต่อ)

คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI
205	0.81	223	0.80	241	0.77	259	0.14	277	0.60	295	0.72
206	0.40	224	0.75	242	0.48	260	0.85	278	0.83	296	0.82
207	0.80	225	0.73	243	0.54	261	0.80	279	0.67	297	0.82
208	0.85	226	0.83	244	0.74	262	0.85	280	0.85	298	0.73
209	0.68	227	0.41	245	0.67	263	0.41	281	0.67	299	0.85
210	0.72	228	0.85	246	0.47	264	0.85	282	0.85	300	0.69
301	0.71	319	0.82	337	0.76	355	0.82				
302	0.70	320	0.43	338	0.70	356	0.83				
303	0.65	321	0.43	339	0.75	357	0.65				
304	0.59	322	0.77	340	0.73	358	0.78				
305	0.76	323	0.76	341	0.83	359	0.82				
306	0.84	324	0.42	342	0.83	360	0.82				
307	0.83	325	0.78	343	0.79						
308	0.78	326	0.76	344	0.68						
309	0.82	327	0.81	345	0.83						

ตารางที่ ค - 2 (ต่อ)

คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI	คนที่	HCI
310	0.75	328	0.82	346	0.50						
311	0.36	329	0.53	347	0.48						
312	0.82	330	0.55	348	0.83						
313	0.71	331	0.47	349	0.83						
314	0.82	332	0.76	350	0.64						
315	0.82	333	0.76	351	0.83						
316	0.79	334	0.53	352	0.83						
317	0.73	335	0.81	353	0.57						
318	0.76	336	0.43	354	0.44						