

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18

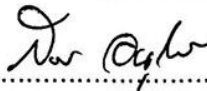
ภัตสุภา สุขสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิจัย วัตถุประสงค์และสถิติการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ภัตสุภา สุขสวัสดิ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัฒนผลและสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

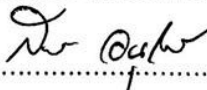

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ปิ่นหุ่น)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


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


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


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์)


.....กรรมการ
(ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัฒนผลและสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุญา ริระวิชิตระกุล)

วันที่ 6 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2513

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับสำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริพร อนุศาสนนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้องตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนพิจารณาให้ข้อเสนอแนะ และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาสละเวลา ให้ข้อเสนอแนะ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบุพการีที่อบรมสั่งสอนเป็นแรงผลักดันจนสามารถประสบความสำเร็จได้ ขอขอบคุณครอบครัวสุขสวัสดิ์ ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ สาขาวิชาวิจัย วัฒนผลและสถิตการศึกษ ขอขอบคุณคณะครู โรงเรียนบึงศรีราชาพิทยาคม ที่คอยเป็นกำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ภัตสุภา สุขสวัสดิ์

58920547: สาขาวิชา: วิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา; วท.ม. (วิจัย วัดผลและสถิติการศึกษา)

คำสำคัญ: การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้น/ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน/ ฟิสิกส์/ งานและพลังงาน

กัศสุภา สุขสวัสดิ์: การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 (THE CONSTRUCTION OF FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST FOR DETECTING PHYSICS MISCONCEPTIONS IN WORK AND ENERGY FOR THE 10th GRADE STUDENTS IN SCHOOL UNDER THE SECONDARY EDUCATION SERVICE AREA OFFICE 18) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สมพงษ์ ปันนุณ, ค.ค., สุริพร อนุศาสนนันท์, ค.ค. 260 หน้า. ปี พ.ศ. 2563.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นในด้านความยาก (Difficulty) อำนาจจำแนก (Discrimination) ความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ 3) เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และ 4) สร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 701 คน ซึ่งเลือกมาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 20 ข้อ

ผลการวิจัยพบว่า ได้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา มีค่าอยู่ระหว่าง .80-1.00 มีค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันอยู่ระหว่าง .72-0.95 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ค่าความยากชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 มีค่าอยู่ระหว่าง .38-.44 ค่าอำนาจจำแนกใช้สูตรของ Whitney and Sabers มีค่าตั้งแต่ .50-.63 ส่วนค่าความเชื่อมั่นใช้สูตรของ Livingston มีค่าอยู่ระหว่าง .91-.97 สำหรับคะแนนจุดตัดหาโดยวิธีของ Angoff เท่ากับ 13 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ผลการวินิจฉัย พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่เข้าใจมากที่สุด เรื่อง การหาค่ากำลังของงานมโนทัศน์ที่ไม่เข้าใจแนวคิดมากที่สุด เรื่อง ความหมายของพลังงานจลน์ มโนทัศน์เข้าใจแนวคิดมากที่สุด เรื่อง การเปลี่ยนรูปพลังงานตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน และมโนทัศน์ที่มีความผิดพลาดมากที่สุด เรื่อง ความหมายของแรงอนุรักษ์

58920547: MAJOR: EDUCATIONAL RESEARCH, MEASUREMENT AND STATISTICS; M.Sc. (EDUCATIONAL RESEARCH, MEASUREMENT AND STATISTICS)

KEYWORDS: FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST/ MISCONCEPTION/PHYSICS/ WORK AND ENERGY

PASSUPA SUKSAWAT: THE CONSTRUCTION OF FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST FOR DETECTING PHYSICS MISCONCEPTIONS IN WORK AND ENERGY FOR THE 10th GRADE STUDENTS IN SCHOOL UNDER THE SECONDARY EDUCATION SERVICE AREA OFFICE 18. ADVISORY COMMITTEE: SOMPONG PANHOON, Ph.D., SUREEPORN ANUSASANANAN, Ph.D. 260 P. 2020.

This research aimed to: 1) construct the four-tier diagnostic test for detecting the physics misconceptions on work and energy of motion for the 10th grade students, 2) validate the difficulty, the discrimination, the validity and the reliability of the tests, 3) detect physics misconceptions and, 4) create the teacher manual of the test. The sample of the research was selected by stratified random sampling technique. The sample consisted of 701 students who studied at 10th and 11th grade in schools under Chonburi Secondary Educational Service Area Office. The research instrument was 20 items of the four-tier diagnostic test for detecting the physics misconceptions in work and energy.

The research findings were that the constructed diagnostic test met the requirements of content validity with IOC indices ranged from .80 to 1.00, having construct validity between .72 to .95, the difficulty of all items ranged from .38 to .44, the discrimination index was calculated by Whitney and Sabers Method ranged from .50 to .63, the reliability of the test according to Livingston Method ranged from .91 to .97, the cutting score calculated by Angoff Method was 13 point of 20 points. The diagnostic test results showed that all most of students have correct conception in power, they do not understand the concept in the meaning of Kinetic energy, having misconception in power transfer of the law of conservation and error in the meaning of conservation forces.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	6
ขอบเขตการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
เอกสารเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจัย.....	9
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน.....	59
มโนทัศน์ทางฟิสิกส์.....	66
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	77
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	83
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	83
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	86
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	86
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	94
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	95
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	95

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	99
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	99
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	100
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	100
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	163
สรุปผลการวิจัย.....	164
อภิปรายผล.....	168
ข้อเสนอแนะ.....	173
บรรณานุกรม.....	175
ภาคผนวก.....	181
ภาคผนวก ก.....	182
ภาคผนวก ข.....	184
ภาคผนวก ค.....	243
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	260

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1	วิธีการใช้คำถามในการสัมภาษณ์ Newman..... 26
2-2	ค่าความน่าจะเป็นของแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน..... 42
2-3	การพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังในข้อสอบโดยวิธีของอีเบล (Ebel)..... 42
2-4	ตัวอย่างการหาคะแนนจุดตัด..... 43
2-5	การตีความผลการทดสอบการวินิจฉัยที่ระดับ L..... 66
3-1	จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน..... 85
3-2	มโนทัศน์ที่ใช้ในการสำรวจที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน..... 88
3-3	การตีความผลการทดสอบการวินิจฉัยที่ระดับ..... 89
3-4	เกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก..... 93
3-5	เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก..... 93
4-1	ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง งานและพลังงาน..... 101
4-2	ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวินิจฉัยมโนทัศน์กับมโนทัศน์..... 112
4-3	ผลการปรับแก้ข้อสอบตามข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญ..... 113
4-4	ค่าความยากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1.... 117
4-5	ค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจาก การทดลองใช้ ครั้งที่ 1..... 119
4-6	รายละเอียดการปรับปรุงข้อสอบหลังใช้..... 124
4-7	ผลการพิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวินิจฉัย..... 128
4-8	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) ครั้งที่ 1..... 129
4-9	ค่าความยากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 2.... 131
4-10	ค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ ครั้งที่ 2..... 133
4-11	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) ครั้งที่ 2..... 138
4-12	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์คะแนนระหว่างชั้น..... 139
4-13	ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น..... 140
4-14	คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น..... 141
4-15	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM)..... 142

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-16 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น.....	143
4-17 ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน.....	144
4-18 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก.....	145
4-19 การแปลผลมโนทัศน์ของนักเรียนจากแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ชั้น.....	147
4-20 จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ.....	150
ข-1 คุณภาพแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่.....	186
ข-2 เฉลยคำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18.....	188
ข-3 แสดงแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัย 4 ชั้น และการแปลผล.....	190

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
2-1 แสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน.....	64
2-2 แผนผังมโนทัศน์ในเรื่อง งานและพลังงาน.....	71

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึก ในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลเมืองโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็น ต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐาน ความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ และสมรรถนะสำคัญ ของผู้เรียน (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช, 2551, หน้า 7)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนในชีวิตประจำวัน วิทยาศาสตร์ช่วยให้ มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ความเป็นเหตุเป็นผล มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ สามารถ ตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ดังนั้น ทุกคนจึงต้องการพัฒนาความสามารถ โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ อย่างมีเหตุผล

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความรู้พื้นฐาน และการนำไปใช้ในวิชาต่าง ๆ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ให้ผู้เรียน เกิดความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ วิชาฟิสิกส์ยังเป็นพื้นฐานการศึกษา ปัจจุบันพบว่า การสอนฟิสิกส์ยังมีลักษณะที่เน้นครู เป็นศูนย์กลางมุ่งเน้นให้ผู้เรียนจดจำทำให้ผู้เรียนขาดความรู้ความเข้าใจหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์ (สุระ วุฒิพรหม, 2547, หน้า 20) ฟิสิกส์เป็นวิชาที่ว่าด้วยเรื่องของความพยายามทำความเข้าใจกับ ธรรมชาติ รวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา เริ่มจากการศึกษาธรรมชาติรอบตัวเรา ตั้งแต่อากาศการเกิดพายุ ฝน ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า ดวงดาวบนท้องฟ้า รวมไปถึงเครื่องอำนวยความสะดวก ในอาคารบ้านเรือน เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า เตาไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ ตลอดจนการสื่อสาร และการคมนาคมขนส่ง ตั้งแต่วิทยุ โทรทัศน์ โทรศัพท์ ดาวเทียม รถยนต์ เครื่องบิน จรวดนำวิถี คอมพิวเตอร์ หรือแม้กระทั่งงานทางการแพทย์ การทหาร อุตสาหกรรม วงการบันเทิง และ การศึกษา ล้วนอาศัยความรู้ฟิสิกส์ทั้งสิ้น (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2558)

การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่การแก้โจทย์ปัญหามากกว่าที่จะให้ผู้เรียนซึมซับแนวความคิดหลักหรือมโนคติทางการเรียนฟิสิกส์ (พจนานา เปี่ยมถาวรพจน์, 2546, หน้า 2) ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์หลายสาขา ทฤษฎีและความรู้ทางฟิสิกส์สามารถประยุกต์ใช้กับวิทยาศาสตร์สาขาอื่นได้มาก แต่ก็ป็นวิชาที่ประสบปัญหาในการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นเนื้อหาวิชาที่เป็นนามธรรม จึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ (อรพินท์ ชื่นชอบ, 2549)

ปัจจุบันถ้าเราพิจารณาถึงผลการทดสอบการศึกษาแห่งชาติชั้นพื้นฐาน (O-NET) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2558-2562 มีคะแนนเฉลี่ยดังต่อไปนี้ 32.54 30.40 31.62 29.37 30.51 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50 และหากพิจารณาจากผลการทดสอบ 9 วิชาสามัญในวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2558-2562 มีคะแนนเฉลี่ยดังต่อไปนี้ 26.73 22.90 29.44 26.95 28.69 ตามลำดับ ก็จะเห็นว่าคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 30 (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2562) ผลสอบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างจริงจัง ซึ่งสาเหตุคุณภาพการเรียนรู้ของวิชาวิทยาศาสตร์นั้นยังเป็นที่ไม่น่าพึงพอใจ อาจมาจากที่นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา หรือมีข้อผิดพลาดจากการทำข้อสอบ

เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีมากมาย จึงเป็นการยากที่จะศึกษาหาความรู้เหล่านี้ได้หมด แต่ Bardnard (1971, p. 131) ซึ่งได้กล่าวเกี่ยวกับ การสอนให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “การสอนให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลที่เป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาความรู้อื่น” มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์มีโอกาสดังขึ้นได้บ่อยมากกว่าในวิชาอื่น ๆ เนื่องจากวิชาฟิสิกส์เป็นองค์ความรู้ที่เกิดจากจินตนาการที่นักฟิสิกส์สร้างขึ้นมาเพื่อให้สอดคล้องกับธรรมชาติในมุมมองทางกายภาพของสสารและพลังงาน โดยมีคณิตศาสตร์เป็นตัวถูกใช้นำมาบรรยายเป็นกฎทางธรรมชาติ ดังนั้นการนำแบบทดสอบวินิจฉัยมาใช้ จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำจะส่งผลให้เขามีผลการเรียนที่สูงขึ้น เพราะครูสามารถช่วยเหลือนักเรียนได้ตรงจุด ได้ปรับการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นน้อยลง รวมไปถึงตัวนักเรียนเองก็ได้รับประโยชน์จากการถูกวินิจฉัยตรงที่ทราบว่า ตนเองมีความบกพร่องทางการเรียนเรื่องใดซึ่งเป็นข้อมูลในการพัฒนาตนเอง

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นเครื่องมือสำคัญที่จะบ่งบอกถึงลักษณะความเข้าใจผิดของนักเรียน ว่าเกิดขึ้นจากสาเหตุใด ซึ่งถ้าสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ถูกต้อง แม่นยำ ก็จะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนในการออกแบบ

การจัดการเรียนการสอนที่จะนำไปสู่มีโนทัศน์ที่ถูกต้อง และทำลายมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
 ในนักเรียน การวินิจฉัยมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน การวินิจฉัยมีโนทัศน์มีอยู่หลายวิธี เช่น
 การสัมภาษณ์การใช้แบบสอบถาม การใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น การใช้แบบทดสอบวินิจฉัย
 สามชั้น (Wijaya, Koes & Muhandjito, 2016)

นอกจากมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแล้วยังมีอีกหนึ่งสิ่งที่มีมักเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้
 ฟิสิกส์ ซึ่งมีความใกล้เคียงกับมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แต่หากพิจารณาความจริงแล้วนั้นจะเห็น
 ได้ชัดว่ามีความหมายที่แตกต่างกัน นั่นคือ “ข้อผิดพลาด” หรือคำในภาษาอังกฤษ เรียกว่า
 “Mistakes” ถึงแม้ว่าข้อผิดพลาดและมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะมีความเกี่ยวข้องกัน แต่ทั้งคู่นั้น
 แตกต่างกัน (Luneta & Makonye, 2010) จากเอกสาร misconceptions with the key objectives
 ได้อธิบายไว้ว่า ข้อผิดพลาดในคณิตศาสตร์อาจเกิดจากสาเหตุที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นเกิดจาก
 ความสะเพร่า ขาดสมาธิในการทำงาน ซึ่งข้อผิดพลาดไม่ได้เกิดขึ้นเป็นประจำโดยคำตอบอาจเป็น
 คำตอบที่ผิดแต่นักเรียนสามารถแก้ไขหรือทำให้ถูกต้องด้วยตนเองได้อย่างง่ายดาย ส่วนมีโนทัศน์
 ที่คลาดเคลื่อนเกิดจากความผิดพลาดในระบบความคิด (Riccomini, 2005) ข้อผิดพลาดสามารถ
 เห็นได้ชัดในผู้เรียนซึ่งจะแสดงจากการเขียนหรือพูด แต่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นมักซ่อนอยู่
 โดยผู้ที่สังเกตไม่ทันสังเกตเห็น โดยบางครั้งอาจซ่อนอยู่ภายใต้คำตอบที่ถูกต้องก็เป็นได้
 ซึ่งคำตอบนั้นอาจเป็นคำตอบที่ถูกต้องโดยบังเอิญ นักการศึกษาจำเป็นต้องรับฟังอย่างละเอียด
 เพื่อตรวจสอบการให้เหตุผลของนักเรียนในการหาคำตอบแต่ละข้อ ซึ่งจะทำให้นักการศึกษาติดตาม
 การให้เหตุผลของนักเรียนได้อย่างถูกต้อง (Smith, Disessa & Roschelle, 1993) บางครั้งข้อผิดพลาด
 ได้รับการยกย่องว่าเป็น โอกาสที่จะสะท้อนให้เห็นและเรียนรู้แทนที่จะเตือนผู้เรียนเกี่ยวกับ
 การหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดเราสามารถใช้อนผิดพลาดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการเรียนรู้
 โดยมองข้อผิดพลาดเป็น โจทย์ปัญหาสถานการณ์หนึ่ง (Ashlock, 2006)

Tamir (1971) ได้เสนอให้ใช้แบบสอบถามเลือกตอบที่ประกอบด้วยชุดตัวเลือกที่มีมีโนทัศน์
 ที่คลาดเคลื่อนและให้ผู้ตอบแสดงเหตุผลอธิบายในการตอบด้วย (Justify) Tamir (1990)
 ให้ความเห็นว่า การให้ผู้เรียนได้แสดงเหตุผลในการตอบด้วยนี้จะทำให้ครูได้สารสนเทศจำนวนมาก
 ถ้าหากเขาให้เหตุผลผิด มันก็สะท้อนได้ว่านักเรียนมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอีกทั้งยังเป็น
 การส่งเสริมให้การประเมินการเรียนรู้มีความหมายแก่ผู้เรียนอีกด้วย ซึ่งแบบสอบถามเลือกตอบ
 แบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดในเรื่องนี้ Treagust (1995) ได้อธิบายว่า แบบสอบถามวินิจฉัยชนิดเลือกตอบ
 แบบสองชั้นสามารถระบุ (Identify) และประเมินมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่อยู่ใน
 ขอบเขต เนื้อหาที่เฉพาะได้ (Specific content areas) ตัวเลือกในคำถามชั้นที่หนึ่งจะตรวจสอบ
 (Examine) มีโนทัศน์ของผู้เรียน ส่วนตัวเลือกในคำถามชั้นที่สองจะตรวจสอบเหตุผลในการเลือก
 คำตอบในชั้นที่หนึ่ง

อย่างไรก็ตามแบบสอบสองชั้นยังไม่สามารถจำแนกการตอบถูกที่เนื่องมาจากการเดาได้จากจุดอ่อนตรงนี้ ผู้วิจัยจึงได้สนใจแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นแบบเลือกตอบแบบสี่ชั้น (Four-tier multiple-choice: 4TMC) โดยที่คำถามชั้นที่หนึ่งจะถามเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์นั้น ๆ คำถามชั้นที่สองจะถามถึงระดับความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่หนึ่งว่ามีความมั่นใจในการตอบมากน้อยเพียงใด โดยแบ่งระดับความมั่นใจในการตอบเป็น 6 ระดับ คือ เดา เกือบคาดเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ มั่นใจมาก และมั่นใจมากที่สุด คำถามในชั้นที่สามจะถามถึงเหตุผลในการเลือกคำตอบนั้นในชั้นที่หนึ่ง ส่วนคำถามชั้นที่สี่จะถามถึงระดับความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่สามว่ามีความมั่นใจในการตอบมากน้อยเพียงใด โดยแบ่งระดับความมั่นใจในการตอบเป็น 6 ระดับ คือ เดา เกือบคาดเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ มั่นใจมาก และมั่นใจมากที่สุด ข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีข้อบกพร่องในจุดใด

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นมีงานวิจัยที่ทำการเกี่ยวกับเรื่องการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้นและตัวแบบกิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพื่อที่จะพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอนวิชาในวิชาแคลคูลัส 1 ฉะนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นว่ายังไม่มีผู้ใดทำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นวิชาฟิสิกส์ในเรื่อง งานและพลังงานมาก่อน จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เนื่องจากนักเรียนต้องใช้เนื้อหาเรื่องงานและพลังงานเป็นพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาองค์ความรู้ในวิชาฟิสิกส์เรื่องอื่นต่อไป ดังนั้นเมื่อผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ครูจะได้นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งจุดเด่นในการ หาข้อผิดพลาด แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้น คือสามารถหาข้อผิดพลาดได้แม่นยำมากกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นและสามชั้น เพราะแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้นมีการยืนยันระดับความมั่นใจของผู้ตอบถึงสองครั้ง ครูจะทราบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและมีข้อผิดพลาดในลักษณะใด ได้ตรงจุด แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้นแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดย่อมเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนาการเรียนรู้อื่นๆ ครูผู้สอนเมื่อได้ผลลัพธ์ก็สามารถนำไปปรับปรุงและแก้ไขการสอนให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

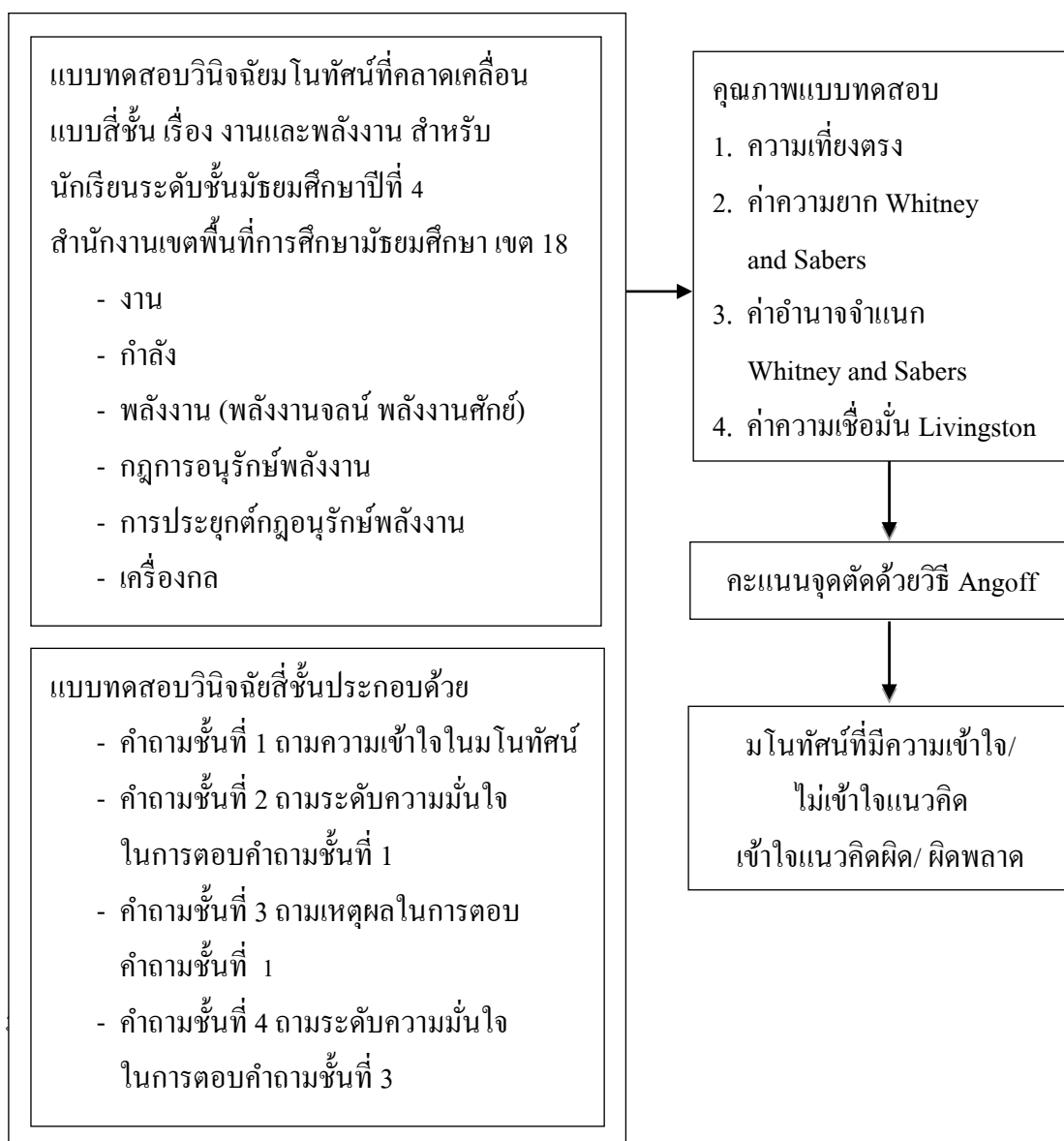
คำถามการวิจัย

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน และพลังงานแบบสี่ขั้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สร้างขึ้น มีลักษณะอย่างไร มีคุณภาพของแบบทดสอบและผลวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นอย่างไร ผลการวินิจฉัยที่ได้เป็นอย่างไร มีความแม่นยำเพียงใด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ขั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
3. เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
4. เพื่อสร้างเกณฑ์และคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ขั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

1. เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ จำกัดขอบเขตของการวินิจฉัยเฉพาะเนื้อหา มโนทัศน์เรื่อง งาน กำลัง พลังงานจลน์ (E_k) พลังงานศักย์ (E_p) การอนุรักษ์พลังงาน การประยุกต์กฎอนุรักษ์พลังงาน และเครื่องกล

2. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 จำนวน 21,637 คน กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 กลุ่มสำรวจมโนทัศน์เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน กลุ่มที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 260 คน กลุ่มที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 701 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 1,061 คน

3. การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ครั้งนี้ ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้น โดยชั้นที่หนึ่งเป็นคำถามที่ต้องการจะวัดความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง งานและพลังงาน ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ส่วนคำถามในชั้นที่สองจะถามถึงระดับความมั่นใจในการตอบคำถามในชั้นที่หนึ่ง คำถามในชั้นที่สามจะถามถึงเหตุผลในการตอบคำถามในชั้นที่หนึ่ง และคำถามชั้นที่สี่จะถามถึงระดับความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่สาม

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนนำไปสู่การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ช่วยแก้ปัญหา และพัฒนาความรู้ของนักเรียนต่อไป
2. ช่วยให้ผู้สอนค้นหาจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนในเนื้อหาย่อย ๆ ของวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน ได้อย่างตรงจุด และประหยัดเวลาในการหาจุดบกพร่อง
3. เป็นแนวทางการศึกษาในการวินิจฉัยข้อบกพร่องในวิชาฟิสิกส์ในเนื้อหาอื่น ๆ ต่อไป โดยสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ได้อย่างกว้างขวางโดยเด็กจะได้ประโยชน์จากครูจากการที่ครูเอาเครื่องมือไปใช้ วินิจฉัยปรับปรุง นักเรียนทราบว่าตนเองมีข้อบกพร่องเรื่องใด ซึ่งเป็นข้อมูลพัฒนาตนเอง เมื่อนักเรียนรู้ข้อบกพร่องของตนเองก็จะสามารถปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตนเองได้ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้องเกิดประโยชน์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น หมายถึง ชุดคำถามที่มีลักษณะคำถามเป็นแบบถามสี่ชั้น (Four-tier multiple-choice: 4TMC) ในข้อเดียวกัน โดยคำถามในชั้นแรกจะเป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ของเรื่องนั้น ๆ ส่วนคำถามในชั้นที่สองจะเป็นคำถาม

ถามถึงระดับความมั่นใจในการตอบคำถามในชั้นที่หนึ่งว่ามีความมั่นใจในการตอบมากน้อยเพียงใด โดยแบ่งระดับความมั่นใจในการตอบแบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ คาคเดา เกือบคาคเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ มั่นใจมาก และมั่นใจมากที่สุด คำถามในชั้นที่สามจะถามถึงเหตุผลที่นักเรียนตอบในข้อที่เขาได้เลือกตอบไว้แล้วในคำถามชั้นที่หนึ่ง และคำถามชั้นที่สี่จะถามถึงระดับความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่สามสำหรับตัวลวงของคำถามที่ถามในชั้นที่หนึ่งนั้น ได้มาจากการสำรวจข้อบกพร่องต่าง ๆ ของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบอัตนัยหรือได้มาจากการสนทนาระหว่างการสอบที่ยาวนานที่ได้จากการสังเกตในสิ่งที่นักเรียนเข้าใจผิด หรือบกพร่องบ่อย ๆ

2. การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนงานและพลังงาน หมายถึง การค้นหาสาเหตุของข้อบกพร่อง ปัญหาอุปสรรค ความคิดรวบยอด ความรู้ ความเข้าใจ ไม่ถูกต้อง ผิดพลาดจากความจริงที่เป็นที่ยอมรับกันในทางวิทยาศาสตร์ ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนในการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน จากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน

3. คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย หมายถึง คุณลักษณะของข้อที่พิจารณาจากความตรงตามเนื้อหา ความยาก อำนาจจำแนก ความตรงตามสภาพ ความเที่ยง ดังนี้

3.1 ความตรงตามเนื้อหา (Content validity) หมายถึง คุณสมบัติของคะแนนแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงเนื้อหาที่จะวัดหรือเป็นดัชนีที่บ่งบอกว่าเนื้อหาของแบบทดสอบหรือเนื้อหาของข้อคำถาม วัดได้ตรงตามเนื้อหาของเรื่องที่ต้องการวัด จำนวนได้จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of item objective congruence: IOC)

3.2 ค่าความยาก (Difficulty) หมายถึง สัดส่วนที่นักเรียนทำแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน เมื่อเทียบกับจำนวนนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers

3.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณลักษณะของข้อคำถามของแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาฟิสิกส์ แต่ละข้อที่สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers

3.4 ความเที่ยง (Reliability) หมายถึง การวัดความสอดคล้องของคะแนนสอบระหว่างการตัดสินใจเกี่ยวกับความรู้ของผู้สอบกับสภาพที่คาดหวังของการสอบหลายครั้งในแต่่วัตถุประสงค์ด้วยแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการของ Livingston

4. คะแนนจุดตัด หมายถึง เกณฑ์ผ่านและไม่ผ่านของคะแนนสอบจากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยในการวิจัยครั้งนี้มีการกำหนดหาจุดคะแนนที่แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้โดยใช้วิธีการหาคะแนนจุดตัด ตามวิธีของ Angoff

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสับสนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน ผู้วิจัยขอเสนอผลการศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์ เอกสาร หลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบและแนวทางในการทำวิจัย ดังนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัย
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
3. มโนทัศน์ทางฟิสิกส์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัย

1. ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัย

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ดังนี้

สมศักดิ์ สันธุระเวช (2522, หน้า 1) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ว่าเป็นแบบทดสอบเพื่อวัดจุดอ่อนหรือจุดบกพร่องในแต่ละวิชา ผลของการสอบที่ได้จากแบบทดสอบวินิจฉัยจะนำไปสู่การแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และค้นหาสาเหตุของความบกพร่องนั้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับ พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530, หน้า 27) ที่ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ว่าแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่ใช้ค้นหาข้อบกพร่อง และสาเหตุของการบกพร่องในการเรียนรู้เป็นเรื่อง ๆ ไป คือ หลังจากจบการเรียนการสอนในหน่วยหนึ่ง ๆ จะทำการสอบนักเรียนด้วยแบบทดสอบย่อยถ้า พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถสอบผ่านจุดประสงค์บางจุดประสงค์ก็ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมาทำการสอบอีกครั้งหนึ่ง เพื่อค้นหาว่านักเรียนยังไม่เข้าใจหรือบกพร่องในเรื่องใด และค้นหาสาเหตุของการบกพร่อง

ขวัญใจ สายสุวรรณ (2554, หน้า 19) ได้สรุปว่า แบบทดสอบวินิจฉัยเป็น แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาจุดบกพร่องตลอดจนสาเหตุของจุดบกพร่องในการเรียนของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละเนื้อหาย่อย ๆ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านั้น ได้อย่างตรงจุดและเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนต่อไป

จารุวรรณ กุศลการณ์ (2554, หน้า 17) สรุปได้ว่า การวินิจฉัย หมายถึง การค้นหาสาเหตุของข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนทางการเรียนของผู้เรียน เพื่อให้ครูผู้สอนทำการแก้ไขสาเหตุของข้อผิดพลาดหรือจุดอ่อนทางการเรียนที่พบต่อไป

โชติกา ภาษีผล (2554, หน้า 3) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่าเป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดจุดด้อยของการเรียนรู้ที่เป็นปัญหาของผู้เรียน มุ่งตรวจสอบกลไกองค์ประกอบย่อยของกระบวนการสำคัญที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและซ่อมเสริม

นฤมล อุดรประจักษ์ (2555, หน้า 21) ได้ให้ความหมาย แบบทดสอบวินิจฉัย เป็นเครื่องมือ ที่ใช้ค้นหาข้อบกพร่องทางการเรียน ซึ่งปรับปรุงมาจากแบบทดสอบเพื่อสำรวจตัวดวงแต่ละข้อ ในแบบทดสอบวินิจฉัยมาจากคำตอบผิดที่นักเรียนส่วนมากตอบจากแบบทดสอบเพื่อสำรวจ และตัวดวงนั้นสามารถบอกถึงสาเหตุ ข้อบกพร่องลักษณะต่าง ๆ เกี่ยวกับการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียน

สุมานี กลิ่นพูน (2555, หน้า 34) สรุปความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัย เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อมุ่งค้นหาจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนวิชาต่าง ๆ เป็นรายบุคคล พร้อมทั้งสามารถ ระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องนั้น เพื่อนำไปสู่กระบวนการสอนซ่อมเสริมและเป็นแนวทางในการปรับปรุงทางการเรียนการสอนต่อไป

ยานี สังข์ศรีอินทร์ (2550, หน้า 12) ได้สรุปความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่า แบบทดสอบวินิจฉัย เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องทางการเรียนของผู้เรียนวิชาต่าง ๆ เป็นรายบุคคล พร้อมทั้งระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องนั้น เพื่อจัดให้มีการสอนซ่อมเสริมและเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนต่อไป

วิดา ช่อนหา (2551, หน้า 14) ได้สรุปความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่าเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละเนื้อหาย่อย ๆ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านั้นได้อย่างตรงจุดและเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอน

Atkinson (1961, p. 472 อ้างถึงใน สุพรรณิ ภิรมย์ภักดี, 2541, หน้า 6) ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาความไม่เข้าใจในการเรียนของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะในการอ่านและเลขคณิต เพื่อตอบคำถามว่าอะไรผิดและผิดอย่างไร

Singha (1974, pp. 200-201) ได้กล่าวถึง แบบทดสอบวินิจฉัยว่า คือ แบบทดสอบที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนในส่วนที่จะช่วยซ่อมเสริม โดยแบบทดสอบ

ประเภทนี้ การสุ่มเนื้อหาจำเป็นต้องละเอียดมาก และแบบทดสอบประเภทนี้ ความเที่ยงตรงของเนื้อหา มีความจำเป็นมากกว่าแบบทดสอบประเภทอื่น

Ebel (1965, p. 449) ได้ให้คำจำกัดความของแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ค้นหาข้อบกพร่องหรือความไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนของนักเรียน เช่น การอ่าน และเลขคณิต เป็นต้น แบบทดสอบวินิจฉัยมุ่งสนใจจะแนบจากคำตอบของนักเรียนในแต่ละข้อหรือกลุ่มเล็ก ๆ ของข้อสอบที่มีความคล้ายคลึงกัน

Thorndike and Hagen (1977, p. 646) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่า คือแบบทดสอบที่รวบรวมปัญหาและสาเหตุที่ทำให้เกิดความบกพร่องในการเรียนวิชาต่าง ๆ ไว้ในแบบทดสอบเพื่อเป็นแนวทางในการจัดหาวิธีการสอนซ่อมเสริมที่ตรงจุดและเป็นการช่วยปรับปรุงความรอบรู้ (Mastery) ของนักเรียนให้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

Brown (1976, p. 255) ได้กล่าวถึง แบบทดสอบวินิจฉัยว่า เป็นแบบทดสอบที่ใช้ค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยมุ่งที่จะทำการสอนซ่อมเสริม และให้การแนะแนว ซึ่งจะช่วยให้ชี้ให้เห็นถึงจุดอ่อนหรือจุดบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคลในแต่ละส่วนย่อย ๆ ของแบบทดสอบนั้น

Ahmann and Glock (1975, p. 8 อ้างถึงใน สุพรรณิ ภิรมย์ภักดี, 2541, หน้า 7) กล่าวถึงความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่ใช้หลังจากสิ้นสุดให้การเรียนการสอนแล้ว จุดมุ่งหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยคือช่วยให้ทราบถึงข้อบกพร่องเฉพาะที่เป็นพื้นฐานที่อยู่เบื้องหลังของนักเรียน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัย ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์สาระสำคัญเกี่ยวกับความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัย สรุปได้ว่าแบบทดสอบวินิจฉัย หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนเป็นรายบุคคล และแบบทดสอบที่ใช้หลังจากสิ้นสุดให้การเรียนการสอนสาเหตุของความบกพร่องของทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญ ของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยวัดองค์ประกอบย่อยหรือเนื้อหาย่อย ๆ แบบทดสอบวินิจฉัยมีความตรงเชิงเนื้อหามากกว่าแบบทดสอบประเภทอื่นนำไปสู่การแก้ไขจุดบกพร่อง และสาเหตุของความบกพร่องนั้น ๆ ได้ตรงจุด สามารถช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหาหรือมีอุปสรรค ในการเรียน และช่วยให้ครูสามารถปรับวิธีสอนของตนได้อย่างเหมาะสม และสอนซ่อมเสริมนักเรียนได้ตรงกับข้อบกพร่อง

2. ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย

สุพรรณิ ภิรมย์ภักดี (2551, หน้า 14) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ดังนี้

1. แบบทดสอบวินิจฉัยจะแบ่งออกเป็นแบบทดสอบย่อย ๆ เพื่อใช้วัดทักษะแต่ละอย่าง
2. ในทักษะหนึ่ง ๆ หรือในเนื้อหาหนึ่ง ๆ จะต้องมิจำนวนข้อมาก ๆ ข้อ

3. ข้อสอบจะต้องค่อนข้างง่าย โดยเรียงลำดับจากข้อสอบง่ายไปยาก
4. แบบทดสอบจะต้องมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นอันดับแรก
5. ข้อสอบแต่ละข้อจะต้องบ่งถึงสาเหตุที่นักเรียนทำผิด
6. ไม่จำกัดเวลาในสอบ
7. การสร้างเกณฑ์ปกติไม่ใช่สิ่งสำคัญของแบบทดสอบวินิจฉัย

ดวงเดือน อ่อนน่วม (2533, หน้า 54-55) ได้สรุป ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย

ไว้ดังนี้

1. วัดได้ทั้งแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-referenced) และแบบอิงกลุ่ม (Norm-referenced)
2. จุดประสงค์ของแบบสอบจำกัดเฉพาะจุดประสงค์ที่มีประโยชน์ต่อการวินิจฉัยเท่านั้น
3. ขอบเขตของเนื้อหา มี 2 ลักษณะ คือ แบบทดสอบวินิจฉัยที่ยึดระดับชั้นเป็นหลัก เช่น แบบสอบวินิจฉัยเรื่องการบวกสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และแบบทดสอบวินิจฉัย ทักษะการคิดคำนวณเบื้องต้นเกี่ยวกับการบวก
 4. เป็นแบบทดสอบที่ไม่จำกัดเวลาหรือที่เรียกว่า Power test ยกเว้นในกรณีที่มีจุดประสงค์ชัดเจนว่าเป็นแบบทดสอบที่เน้นความรวดเร็วในการคิด (Speed test) จึงจะกำหนดเวลาได้
 5. เนื้อหาของแบบทดสอบครอบคลุมทุกแง่มุมของคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะการคิดคำนวณ ความหมาย และนามธรรม กระบวนการคิดคำนวณ การคิดในใจ
 6. ไม่ควรวัดเฉพาะการรับรู้ระดับนามธรรม แต่ควรวัดความรู้ทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับรูปธรรม กึ่งรูปธรรม และนามธรรม หรืออาจวัดความรู้ถึง 4 ระดับ คือ รูปธรรม กึ่งรูปธรรม กึ่งนามธรรม และนามธรรม
 7. เน้นการให้คะแนนเป็นส่วน ๆ (Part score) และการให้คะแนนของข้อสอบในแต่ละส่วนไม่เน้นคะแนนรวม
 8. ข้อสอบได้มาจากการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างละเอียดและการศึกษาสิ่งที่เด็กมักทำผิด
 9. ข้อสอบควรจะง่ายเพื่อให้สามารถจำแนกระหว่างเด็กที่มีปัญหา ได้ข้อสอบแต่ละข้อควรมีค่าความยากตั้งแต่ .65 ขึ้นไป และควรมีมากข้อ
 10. เกณฑ์แสดงการรอบรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งนิยมใช้เกณฑ์อย่างต่ำ 2 ใน 3 (67%) หรือ 3 ใน 4 (75%) เพื่อแสดงว่าเด็กมีความรอบรู้ในเรื่องนั้นจริงมิใช่ทำผิดเพราะความเลินเล่อ

อุบล มีสิมมา (2551, หน้า 12) กล่าวถึง ลักษณะของแบบทดสอบวินิจัย ไว้ดังนี้

1. เป็นแบบทดสอบที่แยกออกเป็นฉบับย่อย ๆ โดยจะวัดเฉพาะด้านความรู้
และความสามารถของนักเรียนเป็นด้าน ๆ ของแต่ละรายวิชา

2. เนื้อหาที่ต้องการวัดจะต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

3. เป็นแบบทดสอบที่เน้นความตรงเชิงเนื้อหาเป็นสำคัญ

4. เป็นแบบทดสอบที่มีจำนวนข้อมาก ในแต่ละเนื้อหาที่ต้องการทดสอบ

5. เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย

บุญชม ศรีสะอาด (2553, หน้า 50) ได้สรุปลักษณะของแบบทดสอบวินิจัยไว้ดังต่อไปนี้

1. จะมุ่งวัดเป็นเรื่อง ๆ หรือด้าน ๆ ไป ถ้าต้องอาศัยทักษะย่อย ๆ หลายทักษะ
ก็อาจแบ่งเป็นแบบทดสอบย่อย ๆ (Sub test) วัดตามทักษะย่อย ๆ นั้น

2. มีคะแนนของแต่ละด้านแต่ละตอนเพราะมุ่งค้นหาจุดบกพร่องในแต่ละด้าน
ดังนั้น คะแนนรวมของแต่ละคนจะไม่เป็นประโยชน์สำหรับกรณีนี้

3. มีจำนวนข้อสอบหลาย ๆ ข้อที่วัดมโนภาพหรือทักษะเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เพิ่มโอกาส
การทำผิดพลาดให้มากขึ้น จะช่วยวัดนักเรียนที่มีความบกพร่องในการเรียนเรื่องนั้น ๆ ได้อย่าง
เพียงพอ

4. มักเป็นแบบทดสอบที่ให้เวลาเต็มที่ (Power test) ในการทำข้อสอบ โดยจะเริ่มจาก
ข้อที่ง่าย ๆ แล้วค่อยเพิ่มความยากขึ้น

5. การสร้างแบบทดสอบชนิดนี้จะสร้างจากรากฐานการวิเคราะห์ทักษะเฉพาะที่ส่งผล
ให้เรียนได้สำเร็จและจากการศึกษาข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องที่มักเกิดขึ้นกับนักเรียน

6. ความเป็นมาตรฐานของแบบทดสอบวินิจัย อยู่ที่ว่าเครื่องมือที่ใช้ดำเนินการสอบ
ภายใต้สถานการณ์เดียวกัน และการให้คะแนนมีความเป็นปรนัย

Mehrens and Irvin (1973, p. 462) กล่าวถึง ลักษณะของแบบทดสอบวินิจัยว่า

1. การทดสอบวินิจัยไม่ได้คำนึงถึงคะแนนการสอบเพียงอย่างเดียวแต่จะพิจารณา
ถึงรายละเอียดต่าง ๆ จากผลงานของนักเรียนประกอบด้วย เพื่อเป็นแนวทางในการจัดสอน
ซ่อมเสริม

2. แบบทดสอบวินิจัยจะต้องสร้างเกณฑ์ปกติ (Norm) ในกรณีที่ต้องการจะแสดงว่า
โดยทั่วไปนักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับใดของกลุ่ม และไม่มีเกณฑ์ปกติ (Norm) ในกรณีที่เรา
ถือว่าเกณฑ์ปกติ (Norm) ได้มาจากข้อสอบมาตรฐานอื่น ๆ ซึ่งเป็นเกณฑ์ปกติระดับชาติ (National
norm) อยู่แล้ว

3. แบบทดสอบวินิจฉัยจะเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ในกรณีที่เครื่องมือนั้น ถูกใช้ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และการให้คะแนนมีความเป็นปรนัย
 4. แบบทดสอบวินิจฉัยอาจใช้เกณฑ์แบบปกติเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile norm) หรือเกณฑ์ปกติแบบเทียบชั้น (Grade equivalent norm) ได้ตามความเหมาะสม
 5. แบบทดสอบวินิจฉัย จะใช้เฉพาะกับนักเรียนที่มีข้อบกพร่องทางการเรียน ซึ่งจะต้อง ใช้เวลามากในการดำเนินการสอบ การตรวจและการตีความหมายของคะแนน
 6. แบบทดสอบวินิจฉัยสร้างยากกว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อื่น ๆ เพราะนอกจาก จะต้องการคำตอบของนักเรียนแล้ว ยังต้องทำให้สามารถรู้ว่ามีข้อบกพร่องในด้านใด
- Singha (1974, pp. 200-205) ได้กล่าวถึง ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย ไว้ดังนี้
1. มีจำนวนคำถามมากข้อและครอบคลุมจุดประสงค์ของการเรียน (Leaning point)
 2. จะต้องมีการวิเคราะห์เนื้อหา
 3. มักเป็นคำถามง่าย ๆ
 4. ไม่จำกัดเวลาสอบ
 5. ในแบบทดสอบย่อยประกอบด้วย ข้อสอบที่วัดในลักษณะเดียวกัน
 6. ไม่มีการตั้งเกณฑ์ปกติ เพราะแบบทดสอบชนิดนี้ต้องการค้นหาจุดอ่อน ของนักเรียน มากกว่าใช้ผลเพื่อเปรียบเทียบผลการเรียน

Gronlund (1976, p. 139) ได้กล่าวถึง ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยในลักษณะดังนี้ คือ

1. ยืดความบกพร่องในการเรียนเป็นขอบข่ายในการวัด
2. ความบกพร่องที่จะวัดเป็นความบกพร่องเฉพาะอย่าง
3. ข้อสอบมีลักษณะง่าย
4. ใช้ทดสอบระหว่างการเรียนการสอน
5. สร้างขึ้นเพื่อหาข้อบกพร่องในการเรียน
6. นำผลไปใช้ในการพิจารณาจัดการสอนซ่อมเสริม

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์สาระสำคัญเกี่ยวกับลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย สรุปได้ว่า

1. เป็นแบบทดสอบที่แบ่งออกเป็นแบบสอบย่อย ๆ หลายตอน แต่ละตอนวัดเรื่องใด เรื่องหนึ่ง มีจุดมุ่งหมายที่จะทดสอบให้ครอบคลุมถึงเนื้อหาที่สำคัญ ๆ
2. คะแนนของแต่ละด้านแต่ละตอนเพราะมุ่งค้นหาจุดบกพร่องในแต่ละด้าน
3. เป็นแบบทดสอบที่ง่าย และมีจำนวนมากข้อ
4. เป็นแบบทดสอบที่เน้นความตรงตามเนื้อหา (Content validity) เป็นสำคัญ

5. ข้อสอบได้มาจากการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างละเอียดและการศึกษา สิ่งที่ได้มักทำผิด ส่งผลข้อสอบแต่ละข้อสามารถสืบค้นหาสาเหตุของการตอบข้อสอบผิดได้

6. ไม่จำกัดเวลาในการสอบ การสอบใช้สอบเมื่อเรียนแต่ละบทเรียนเสร็จสิ้นแล้ว

7. ไม่มีการสร้างเกณฑ์ปกติ

8. นำผลไปใช้พิจารณาจัดการสอนซ่อมเสริม

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวินิจฉัยโดยแบบทดสอบ ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยที่ยึดระดับชั้นเป็นหลัก คือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน เนื้อหาของแบบทดสอบครอบคลุมในแง่มุมมองของวิชาฟิสิกส์ ทั้งทักษะกระบวนการคิดอย่างมีเหตุและผล การวิเคราะห์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การกำหนดนิยาม และข้อสอบได้มาจากการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้นจะแบ่งคำถามออกเป็น 4 ชั้น โดยชั้นที่หนึ่งถามหาโมทัศน์ของนักเรียน ชั้นที่สองถามระดับความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่หนึ่ง ชั้นที่สามถามเหตุผลในการตอบชั้นที่หนึ่ง ชั้นที่สี่ถามระดับความมั่นใจในการตอบเหตุผลชั้นที่สาม

3. เทคนิคและวิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย

อุบล มีสิมมา (2551, หน้า 16) ได้สรุปขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ สอดคล้องกับ ญาณัจฉรา สุดแท้ (2551, หน้า 24) และสุรพรณ วีระสอน (2551, หน้า 20) ไว้ดังนี้

1. วางแผนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย
2. วิเคราะห์เนื้อหาอย่างละเอียด แบ่งเนื้อหาออกเป็นฉบับย่อย ๆ
3. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ลักษณะของแบบทดสอบและจำนวนข้อสอบ
4. สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร
5. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย โดยใช้คำตอบที่รวบรวมมาจากการตอบของนักเรียนที่ตอบผิดในการทดสอบเพื่อสำรวจมาสร้างเป็นตัวลวง แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียน
6. วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบและวิเคราะห์หาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียน เพื่อใช้ในการปรับปรุงแบบทดสอบต่อไป
7. จัดพิมพ์แบบทดสอบและคู่มือดำเนินการสอบ

ญาณัจฉรา สุดแท้ (2551, หน้า 15) ได้กล่าวถึง เทคนิคการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายและวางแผนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย
2. วิเคราะห์เนื้อหาอย่างละเอียด แบ่งเนื้อหาออกเป็นเนื้อหาเรื่องย่อย ๆ และเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหานั้น

3. เขียนข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้น
4. วิเคราะห์จุดบกพร่องของนักเรียนจากการเลือกตอบแบบทดสอบวินิจฉัย
5. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้และปรับปรุงแบบทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการทดสอบเพื่อสร้างตัวดวง ทดสอบเพื่อวิเคราะห์รายข้อ และทดสอบเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น

สุริยาพร อุดลพงศ์ไพศาล (2552, หน้า 28) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย
2. ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาที่ต้องการวินิจฉัยอย่างละเอียด
3. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสม
4. สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจเป็นแบบเดิมคำและนำไปทดสอบกับนักเรียน
5. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัย โดยใช้คำตอบที่รวบรวมมาจากการตอบของนักเรียน

ที่ตอบผิดในการทดสอบเพื่อสำรวจมาสร้างเป็นตัวดวง

6. วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ และนำไปปรับปรุงแก้ไข
7. เขียนคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัย
8. จัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

สุเทพ สันติวรานนท์ (2553, หน้า 67-73) ได้สรุปขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยในเชิงปฏิบัติการดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมาย และวางแผนในการดำเนินการสร้างแบบทดสอบ
2. วิเคราะห์ทักษะที่จำเป็นและเนื้อหาวิชาอย่างละเอียด แล้วแบ่งเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ
3. เขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ครอบคลุมเนื้อหาที่กำหนด
4. เขียนข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ในข้อสอบจะกำหนดให้นักเรียนหาคำตอบและสาเหตุการเลือกตอบ ซึ่งในขั้นนี้ถือเป็นขั้นการสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจหาสาเหตุของการเลือกตอบ
5. นำไปทดสอบกับนักเรียนในกลุ่มที่ได้เรียนเนื้อหาที่ผ่านมาแล้ว
6. วิเคราะห์หาคำตอบ และสาเหตุของการไม่สัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจากแบบทดสอบเพื่อสำรวจ ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิเคราะห์มากำหนดสร้างตัวเลือก ของแบบทดสอบวินิจฉัยต่อไป
7. เขียนข้อสอบโดยตัวเลือกสร้างจากสาเหตุของการเลือกตอบของนักเรียน
8. นำข้อสอบในขั้นที่ 7 มารวบรวมเป็นฉบับแบบทดสอบวินิจฉัย แล้วนำไปทดลองใช้

9. เขียนคู่มือในการใช้แบบทดสอบ และกำหนดแนวทางที่เหมาะสมเพื่อสามารถบ่งชี้ถึงความบกพร่อง และค้นหาสาเหตุของความบกพร่องในแต่ละทักษะนั้นได้

นฤมล อุดรประจักษ์ (2555, หน้า 30) จากเทคนิคการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถสรุปเป็นขั้นตอนในการสร้างได้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายและวางแผนในการดำเนินการสร้างแบบทดสอบ
2. ศึกษาเนื้อหาเพื่อวิเคราะห์เนื้อหา แล้วเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร
4. กำหนดจำนวนคำถามลงในตารางวิเคราะห์หลักสูตร
5. สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรง
6. นำไปทดสอบกับนักเรียนเพื่อหาข้อบกพร่อง
7. นำผลที่ได้มาปรับปรุงเพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย
8. นำแบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้ และพัฒนาแบบทดสอบให้มีคุณภาพ

ดีขึ้น

9. จัดทำคู่มือและพิมพ์เป็นรูปเล่ม

สิทธิยา มณีสาย (2555, หน้า 36) สรุปเป็นขั้นตอนในการสร้างได้ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายและวางแผนในการดำเนินการสร้างแบบทดสอบ
2. ศึกษาเนื้อหาเพื่อวิเคราะห์เนื้อหา แล้วเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร
4. กำหนดจำนวนข้อคำถามลงในตารางวิเคราะห์หลักสูตร
5. สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรง
6. นำไปทดสอบกับนักเรียนเพื่อหาข้อบกพร่อง
7. นำผลที่ได้มาปรับปรุงเพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย
8. นำแบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้ และพัฒนาแบบทดสอบ ให้มีคุณภาพ

ดีขึ้น

9. จัดทำคู่มือและพิมพ์เป็นรูปเล่ม

สุมานี กลิ่นพูน (2555, หน้า 37) จากการศึกษาเทคนิคและวิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุป ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยได้ ดังนี้

1. วางแผนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย
2. วิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ของหลักสูตร โดยการทำเป็นตารางวิเคราะห์

หลักสูตร

3. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ลักษณะของแบบทดสอบและจำนวนข้อสอบ
4. สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร
5. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย โดยใช้คำตอบที่รวบรวมมาจากการตอบของนักเรียนที่ตอบผิดในการทดสอบเพื่อสำรวจมาสร้างเป็นตัวลวง แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียน
6. วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบและวิเคราะห์หาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียน เพื่อใช้ในการปรับปรุงแบบทดสอบต่อไป

7. จัดพิมพ์แบบทดสอบและคำชี้แจงในการดำเนินการสอบ

Thorndike and Elizabeth (1969, pp. 269-271) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ว่ามี 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์ทักษะหรือเนื้อหาวิชาที่ต้องการทดสอบออกเป็นทักษะหรือองค์ประกอบย่อย ๆ
2. สร้างและปรับปรุงแบบทดสอบที่ใช้วัดทักษะย่อย ๆ เหล่านั้น เพื่อให้สามารถค้นหาจุดบกพร่องในแต่ละทักษะย่อย ๆ นั้นได้

Brown (1970, p. 303) ได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยว่าควรพิจารณาหลักการ ดังนี้

1. แบ่งทักษะออกเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ ให้ชัดเจน
2. แบ่งเป็นแบบทดสอบย่อย ๆ หลายฉบับ และสร้างให้ทดสอบย่อยแต่ละฉบับสามารถวัดองค์ประกอบย่อยของทักษะได้เพียงองค์ประกอบเดียว
3. แบบทดสอบย่อยทุกฉบับจะต้องวัดทักษะย่อยที่ต้องการวัดได้จริง ๆ เพราะถ้าแบบทดสอบย่อยนั้นไม่ได้วัดทักษะย่อยนั้นจริงแล้ว จะไม่สามารถพิจารณาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคลได้ถูกต้องตรงความเป็นจริง
4. คะแนนจากการสอบย่อย จะต้องกำหนดแนวทางที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถ จัดหาวิธีการสอนซ่อมเสริมได้ตรงจุด

Gropper (1975, p. 145) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยว่ามีขั้นตอนดังนี้

1. วางแผนในการสร้างแบบทดสอบ
2. เขียนข้อสอบ โดยใช้จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นเกณฑ์
3. หาจุดบกพร่องของการไม่สัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้และปรับปรุงแบบทดสอบ

Singha (1974, pp. 201-202) ได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบวินิจัยไว้ดังนี้

1. ไม่จำเป็นต้องสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Blue-print) เนื่องจากไม่ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับวิธีการ
2. ในกรณีที่สร้างเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ หรือแบบตอบสั้น ๆ ควรมีจำนวนข้อไม่น้อยกว่า 3 ข้อ ในแต่ละเนื้อหาย่อย
3. ไม่จำเป็นต้องสร้างเกณฑ์ปกติ (Norm) ในการวินิจัย เพราะแบบทดสอบวินิจัยที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อค้นหาจุดบกพร่องมากกว่าการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. แบบทดสอบวินิจัยจะเรียงข้อสอบตามเนื้อหา โดยจัดข้อสอบที่อยู่ในเนื้อหาเดียวกันเข้าไว้ด้วยกัน โดยไม่คำนึงค่าความยาก
5. แบบทดสอบวินิจัยอาจสร้างเป็นแบบสอบมาตรฐาน (Standardized test) หรือเป็นแบบสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher-made test) แต่แบบสอบที่ครูสร้างขึ้นมักจะคุ้มค่าน่ามากกว่า เพราะประหยัดเวลาและแรงงานมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแบบทดสอบมาตรฐานนอกจากนี้ Singha (1974, p. 203) ยังได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจัย ว่าคล้ายกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทั่ว ๆ ไป ดังนี้

- 5.1 วางแผน
- 5.2 เขียนข้อสอบ
- 5.3 รวบรวมเป็นแบบทดสอบ
- 5.4 เขียนคู่มือการใช้แบบทดสอบ
- 5.5 เตรียมเฉลยข้อสอบ
- 5.6 วางแผนการในการใช้แบบทดสอบ
- 5.7 ทบทวนแบบทดสอบ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจัย ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์สาระสำคัญสรุปได้ว่า ต้องวางแผนและวิเคราะห์การสร้างแบบทดสอบวินิจัย โดยวิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ของหลักสูตร โดยอาจทำเป็นตารางวิเคราะห์หลักสูตรและหลังจากนั้นกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ลักษณะของแบบทดสอบและจำนวนข้อสอบ ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวินิจัย โดยใช้คำตอบที่รวบรวมมาจากการตอบของนักเรียนที่ตอบผิดในการทดสอบเพื่อสำรวจมาสร้างเป็นตัวลวง แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียน และวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ วิเคราะห์หาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียน เพื่อใช้ในการปรับปรุงแบบทดสอบต่อไป

รูปแบบของการวินิจฉัย

กรมวิชาการ (2539, หน้า 89) ได้กล่าวถึง รูปแบบของการวินิจฉัยว่าสามารถทำได้ดังนี้

1. รูปแบบทั่วไป ประกอบด้วยขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

1.1 การใช้ข้อสอบแบบสำรวจ (Survey test) เป็นการวินิจฉัยโดยใช้ข้อสอบทั่วไปตามหลักสูตร โดยอาจใช้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement test) เพื่อดูว่า เด็กต้องความสามารถในด้านใดบ้าง

1.2 การวินิจฉัยโดยระบุจุดบกพร่อง (Identify weakness) เป็นการวินิจฉัยโดยระบุจุดที่บกพร่องเพื่อบ่งชี้ข้อบกพร่องของแต่ละสมรรถภาพ

1.3 การวินิจฉัยโดยระบุสาเหตุของความบกพร่อง (Diagnose the causes of weakness) เป็นการวินิจฉัยโดยระบุลักษณะของความบกพร่อง โดยใช้ข้อสอบวินิจฉัยเพื่อพิจารณาข้อบกพร่องที่ละจุด ซึ่งอาจมีหลายสาเหตุเช่น มีสาเหตุมาจากสติปัญญา ทักษะเจตคติ และสภาพแวดล้อม เป็นต้น

1.4 การให้ความช่วยเหลือเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง เป็นการให้ความช่วยเหลือเพื่อพัฒนาเด็กหรือแก้ไขข้อบกพร่องของเด็กให้ดีขึ้น

2. รูปแบบการวินิจฉัยโดยใช้ข้อสอบวินิจฉัย ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 การวิเคราะห์งาน (Task analysis) คือการนำเอาเนื้อหาสาระตามหลักสูตรมาสร้างเป็นความสามารถย่อย ตามลำดับขั้นตอนการพัฒนาด้านความรู้ความสามารถเพื่อวิเคราะห์ให้ครอบคลุมเนื้อหากระบวนการและผลผลิต

2.2 การสร้างข้อสอบวัดผลแต่ละงาน (Test item writing) การสร้างแบบทดสอบ 2 ครั้ง ครั้งแรกเป็นแบบทดสอบอัตนัยเพื่อค้นหาสาเหตุของความบกพร่องและนำคำตอบของเด็กที่ทำผิดมาสร้างแบบทดสอบครั้งที่สองซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย

2.3 การนำข้อสอบไปทดลองใช้ (Try-out)

2.4 การทบทวนและจัดชุดข้อสอบ (Revise, Organization) คือ การวิเคราะห์ สิ่งที่จะทดสอบว่าจำเป็นจริง ๆ เพียงใดและจัดชุดข้อสอบ

2.5 การนำข้อสอบวินิจฉัยไปใช้กับเด็กที่มีปัญหาการเรียนจะเห็นได้ว่ารูปแบบของการวินิจฉัยทั้งรูปแบบทั่วไป และรูปแบบของการวินิจฉัยต่างก็ใช้ข้อสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องเพื่อช่วยเหลือผู้เรียนที่มีปัญหาทางการเรียน

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียน

สำหรับวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวินิจฉัยนั้นมีวิธีการหลาย ๆ วิธีด้วยกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นเครื่องมือที่เป็นที่นิยมมากในการนำมาศึกษา

หาข้อบกพร่องทางการเรียนของนักเรียน นอกจากแบบทดสอบวินิจฉัยแล้วยังมีวิธีการอื่น ๆ ที่สามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้อีก เช่น การสังเกต การสัมภาษณ์ หรือการวิเคราะห์จากแบบฝึกหัด เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

แบบทดสอบวินิจฉัย

นักวิชาการหลาย ๆ ท่านได้กล่าวถึงความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยซึ่งสรุปได้ว่าแบบทดสอบวินิจฉัย หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนทางการเรียนของนักเรียน เพื่อเป็นแนวทางในการสอนซ่อมเสริมหรือแก้ไขต่อไป

Bloom (1971, pp. 91-92) กล่าวว่า ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบเพื่อค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนเกี่ยวกับทักษะพื้นฐาน เพื่อหาระดับการเรียนรู้และจัดอันดับของนักเรียนหรือเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน รวมถึงการพิจารณาตัดสินว่านักเรียนคนใดควรเรียนซ้ำชั้นบ้างนอกจากนี้แบบทดสอบวินิจฉัยต้องสามารถประเมินผลการเรียน ได้ทั้งด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัยด้านทักษะพิสัยและสามารถนำไปใช้ทดสอบในระหว่างการเรียนการสอนได้ด้วย แบบทดสอบวินิจฉัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ แบบทดสอบวินิจฉัยที่เป็นมาตรฐาน และแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง

แบบทดสอบวินิจฉัยที่เป็นมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่ใช้กันแพร่หลายส่วนใหญ่จะเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยที่เป็นมาตรฐานในต่างประเทศ และมีแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียนที่เป็นมาตรฐานหลาย ๆ ชุด ดังเช่น แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนเลขคณิตของ ลอส แองเจลิส (อ้างถึงใน พร้อมพรรณ อุคมสิน, 2544, หน้า 95) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยสำนักทดสอบแคลิฟอร์เนีย แบบทดสอบนี้พิมพ์ในปี ค.ศ. 1925-1926 ใช้สำหรับนักเรียนระดับชั้น 2 ถึงชั้น 8 และระดับชั้น 3 ถึงชั้น 9 โดยแบ่งเป็นสองเรื่องใหญ่ ๆ ดังนี้ เรื่องแรกจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับพื้นฐานของเลขคณิต ใช้สำหรับนักเรียนระดับชั้น 2 ถึงชั้น 2 มี 2 ฉบับ แต่ละฉบับให้เวลาในการทำ 40 นาที ซึ่งประกอบไปด้วยทักษะย่อย คือ การบวกลบ คูณหารจำนวนเต็มบวกจำนวนเต็ม ศูนย์เศษส่วน และทศนิยม และเรื่องที่สองจะเกี่ยวกับเหตุผลในเลขคณิต ใช้สำหรับนักเรียนระดับชั้น 3 ถึงชั้น 5 และกำหนดเวลาในการทำ 40 นาทีสำหรับนักเรียนในระดับชั้น 6 ถึงชั้น 9 จะประกอบไปด้วยทักษะย่อย ดังนี้ ปัญหาพื้นฐาน ปัญหาที่ยากและปัญหาที่เกี่ยวกับจำนวนที่เป็นตัวหารและร้อยละ เป็นต้น

นอกจากนี้แล้วยังมีข้อสอบวินิจฉัยที่เป็นมาตรฐานอีกหลาย ๆ ฉบับ เช่น แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนเลขคณิตแบบคีย์แมธ เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียน เป็นรายบุคคลใช้วัดพัฒนาการทางทักษะคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับอนุบาลจนถึงระดับชั้น 8 ประกอบไปด้วยแบบทดสอบย่อย จำนวน 14 ฉบับ แต่ละฉบับประกอบด้วย เนื้อหาในด้านทักษะการคิดคำนวณ

และการนำไปใช้แบบทดสอบนี้ สามารถวินิจฉัยได้ 4 แบบ คือ แบบรวมทั้งหมดแบบวินิจฉัยเป็นตอน ๆ แบบวินิจฉัยในทักษะย่อย ๆ และแบบวินิจฉัยเป็นรายชื่อผู้จัดสอบสามารถศึกษาความแตกต่างของความสามารถของนักเรียนได้และแปลความหมายจากผลการทดสอบของนักเรียนได้โดยการอธิบายพฤติกรรมบางอย่างจากคำถามในแต่ละขั้นตอนของแบบทดสอบ และผู้ใช้แบบทดสอบนี้ยังสามารถนำคะแนนที่ได้มาเป็นแนวทางในการสอนคณิตศาสตร์ได้ด้วย

แบบทดสอบวินิจฉัยที่ครูสร้างขึ้นเองเป็นแบบทดสอบที่ครูสามารถสร้างขึ้นเพื่อวินิจฉัยในเรื่องที่ครูต้องการหาข้อบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนได้ดังที่ดวงเดือน อ่อนน่วม (2533, หน้า 78) กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยที่ครูสร้างขึ้นเอง เป็นเรื่องมีคุณค่ามากเพราะครูสามารถสร้างให้ตรงกับจุดประสงค์ได้เมื่อต้องการวินิจฉัยเรื่องใดก็สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยเรื่องนั้น ซึ่งจะ ทำให้มีโอกาสในการวินิจฉัยได้ตรงจุดมากกว่าการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยที่ได้มีผู้อื่นสร้างไว้แล้ว

Reisman (1978, pp. 97-98) ได้เสนอแนวการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยที่ครูสร้างขึ้นเอง โดยเริ่มจากการเลือกเนื้อหาที่จะมาทำแบบทดสอบวินิจฉัย จากนั้นก็แยกความคิดรวบยอดออกมา ความคิดรวบยอดเดียวเพื่อจะวินิจฉัยให้ลึกลงไป แล้วจัดความคิดรวบยอดย่อย ๆ ให้เป็นลำดับขั้น การสอนที่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อให้ทักษะพื้นฐานหรือความคิดรวบยอดได้ถูกจัดเรียงให้เป็นลำดับ จากนั้น ก็พิจารณาว่านักเรียนแต่ละคนมีการเรียนรู้อยู่ในขั้นใด แล้วตัดสินใจว่าต้องการให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมอะไรที่ทำให้รู้ว่าเกิดการเรียนรู้ความคิดรวบยอดนั้น ๆ แล้ว หลังจากนั้นก็เขียนตารางพฤติกรรมและองค์ประกอบของเนื้อหา เพื่อเป็นกรอบในการที่จะเขียนแบบทดสอบวินิจฉัย และขั้นสุดท้ายก็สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยแล้วให้นักเรียนอ่านแล้วสอบถามถึงความเข้าใจในตัวคำถามและนักเรียนสามารถตอบคำถามได้ตรงกับที่ต้องการ

วิธีตรวจให้ได้คะแนนจากแบบทดสอบ

การตรวจให้คะแนนจากแบบทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. นำกระดาษคำตอบของนักเรียนมาตรวจเพื่อให้คะแนนดังนี้ถ้านักเรียนตอบถูก ให้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบ ให้ 0 คะแนน
2. รวมคะแนนที่ได้ของนักเรียนในแต่ละด้านตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ถ้านักเรียนได้คะแนนน้อยกว่าคะแนนเกณฑ์แสดงว่านักเรียนมีข้อบกพร่องในด้านนั้น สำหรับการทดสอบในครั้งนี้ในแต่ละด้านของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ โดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 60
3. นำคำตอบของนักเรียนที่มีข้อบกพร่องทางการเรียนฟิสิกส์ในแต่ละด้านมาวินิจฉัยหาสาเหตุถ้านักเรียนทำผิดสาเหตุเดียวกันตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป แสดงว่านักเรียนมีข้อบกพร่องมาจากสาเหตุนั้น แต่ถ้านักเรียนที่มีข้อบกพร่องทำผิดโดยไม่มีสาเหตุถึงร้อยละ 60 ถือว่านักเรียนมีข้อบกพร่อง โดยมีสาเหตุที่ไม่เด่นชัด

4. บันทึกผลการวินิจฉัย

วิธีการวินิจฉัยข้อบกพร่องจากแบบทดสอบ

ในการวินิจฉัยข้อบกพร่อง สำหรับการเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นควรมีการกำหนดสัญลักษณ์เพื่อแทนสาเหตุของข้อบกพร่องในแต่ละจุดประสงค์พร้อมกันไปด้วย ส่วนในแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียนนั้นจะเสนอสัญลักษณ์ของสาเหตุข้อบกพร่องที่สอดคล้องกับตัวลวงไว้ด้วยดังตัวอย่างต่อไปนี้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มได้

สาเหตุของข้อบกพร่อง: a - สะเพร่าในเรื่องการทด

b - สับสนเครื่องหมายในการคำนวณ

c - สับสนเครื่องหมายในการตอบ

จากตัวอย่างข้างต้น ถ้านักเรียนตอบตัวเลือก a แสดงว่านักเรียนมีข้อบกพร่องในการทดแต่ถ้านักเรียนเลือกตอบในตัวเลือก b หรือ c ก็แสดงว่านักเรียนมีข้อบกพร่องเกี่ยวกับการสับสนเครื่องหมายในการคิดคำนวณหรือสับสนเครื่องหมายในการตอบ ตามลำดับ เป็นต้น

การสัมภาษณ์

สำเร็จ พิมพีดี (2538, หน้า 8) กล่าวว่า การสัมภาษณ์เป็นวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยอาศัยการสนทนา ซึ่งในการสนทนาดังกล่าวนอกจากการใช้คำพูดแล้วยังต้องใช้ตาและหูเพื่อดูและฟังประกอบการพิจารณา เพื่อหาข้อเท็จจริงอีกด้วย เฝียน ไชยสร (2526, หน้า 94) กล่าวว่าในการสัมภาษณ์ต้องมีการวางแผนล่วงหน้าว่า ต้องการอะไรจากการสัมภาษณ์ในครั้งนั้น จะใช้คำถามในการสัมภาษณ์นั้นอย่างไร จะใช้วิธีการบันทึกอย่างไรและเมื่อไหร่ที่ควรทำการบันทึก (Ray et al., 1995, p. 76)

รวีวรรณ ชินะตระกูล (2535, หน้า 119-120) ได้แบ่งประเภทของการสัมภาษณ์ออกเป็นสองประเภท ดังนี้

ประเภทแรก คือ การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เป็นการสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดข้อความไว้อย่างแน่นอนว่าจะสัมภาษณ์อะไรบ้าง ซึ่งผู้ถูกสัมภาษณ์จะตอบข้อความเหมือนกันทุกข้อและก่อนที่จะทำการสัมภาษณ์ผู้สัมภาษณ์ควรทำความเข้าใจกับคำถามทุกข้อให้ตรงกันเสียก่อนเพื่อที่จะได้ข้อมูลที่มีความเชื่อถือได้ดียิ่งขึ้น

ส่วนประเภทที่สอง คือ การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็นอีก 3 ประเภท ดังนี้

ประเภทแรก คือ การสัมภาษณ์แบบไม่จำกัดคำตอบ การสัมภาษณ์วิธีนี้ อาจไม่ต้องเตรียมคำถามล่วงหน้า เป็นเพียงแค่การพูดคุยกันอย่างธรรมดา ไม่มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัวว่าจะเริ่มต้นสิ่งใด

และจบลงด้วยสิ่งใดผู้สัมภาษณ์จะต้องตั้งคำถามตามสถานการณ์ระหว่างการสนทนา ผู้สัมภาษณ์จะต้องพยายามให้ผู้ให้ข้อมูลสามารถบรรยายความรู้สึกนึกคิดของตนเองเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ออกมาเอง ผู้สัมภาษณ์จะฟังและตอบโต้ด้วยความเข้าใจในความรู้สึกนึกคิดที่ผู้ถูกสัมภาษณ์แสดงออกมา ผู้ถูกสัมภาษณ์จะมีความรู้สึกว่ามีอิสระในการแสดงความคิดเห็นในเรื่องต่าง ๆ ซึ่งการสัมภาษณ์แบบนี้เป็นการสัมภาษณ์ที่ยืดหยุ่น ผู้สัมภาษณ์มีอิสระในการตัดแปลงแก้ไขให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์การที่จะได้ข้อมูลจริงเพียงไรขึ้นอยู่กับผู้สัมภาษณ์โดยตรงซึ่งจะต้องใช้เทคนิคในการสัมภาษณ์และผู้สัมภาษณ์จะต้องพยายามสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเองมากที่สุดเพื่อให้ผู้ถูกสัมภาษณ์อยู่ในอารมณ์ที่สบายใจ

ประเภทที่สอง คือ การสัมภาษณ์แบบมีจุดสนใจ โดยเฉพาะ เป็นวิธีการสัมภาษณ์ที่ผู้สัมภาษณ์มีจุดมุ่งหมายหรือมีความสนใจในบางเรื่องอยู่แล้ว จึงพยายามให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ให้แสดงออกอย่างมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นในเรื่องนั้น ๆ

ประเภทสุดท้าย คือ การสัมภาษณ์แบบหยั่งลึก เป็นวิธีการสัมภาษณ์ที่ต้องการล้วงเอาความจริงจากผู้ถูกสัมภาษณ์ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้เป็นการซักถามเพื่อต้องการทราบถึงเหตุผลต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดข้อเท็จจริงโดยเป็นคำถามที่ถามว่า เพราะเหตุใด หรือทำไม ฯลฯ

การสัมภาษณ์แบบนี้ผู้สัมภาษณ์จะต้องทำความคุ้นเคยและมีความมั่นใจแล้วว่าบรรยากาศที่จะทำการสัมภาษณ์เหมาะสม

เขียน ไชยศร (2526, หน้า 100) กล่าวถึง วิธีการบันทึกเรื่องที่สัมภาษณ์ไว้ 2 วิธี ดังนี้ วิธีการแรก คือ การจดบันทึกวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมเป็นอย่างมากเพราะเป็นวิธีการที่ประหยัดแต่ก็ยังมีข้อที่ถกเถียงกันว่าควรจะมีการจดบันทึกในขณะที่สัมภาษณ์หรือหลังสัมภาษณ์แบบใดจะเหมาะสมที่สุด เพราะแต่ละแบบก็จะมีทั้งข้อดีและข้อเสียต่างกันไป ถ้าการสัมภาษณ์เพื่อหาข้อเท็จจริงที่มีรายละเอียดมากยากแก่การจำก็อาจจะจดบันทึกในขณะที่สัมภาษณ์ แต่ถ้าเป็นเรื่องที่เป็นประเด็นใหญ่ ๆ หรือเป็นเหตุการณ์ที่ไม่ต้องการรายละเอียด ก็อาจจะจดบันทึกหลังการสัมภาษณ์เสร็จสิ้นแล้วก็ได้ ส่วนวิธีการที่สองคือการบันทึกเทป โดยปกติแล้วจะจัดทำในห้องสัมภาษณ์ที่มีลักษณะพิเศษและซ่อนเทปไว้โดยไม่ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์รู้ตัวแต่ถ้าใช้บันทึกเทปแบบธรรมดาก็ต้องขออนุญาต และชี้แจงเหตุผลหรือจุดมุ่งหมายในการบันทึกเทปการสัมภาษณ์ในครั้งนั้น ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์เข้าใจและถ้าผู้ถูกสัมภาษณ์อนุญาตให้บันทึกเทปได้ผู้สัมภาษณ์จึงจะทำการบันทึกได้

ในส่วนของเทคนิคของการสัมภาษณ์นั้น Clement and Ellerton (1996, pp. 48-50) กล่าวถึง เทคนิคการสัมภาษณ์นิเวศน์ว่าเป็นวิธีการวิเคราะห์ความผิดพลาด 5 ขั้นตอนที่เกิดจากการตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากที่นักเรียนทำแบบทดสอบเสร็จแล้วจะใช้การสัมภาษณ์

ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนซึ่งเป็นวิธีที่ได้ผลดีและเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน ในปี ค.ศ. 1977 Newman ได้ใช้เทคนิคการสัมภาษณ์ดังกล่าวและได้เผยแพร่ใช้ในวงการศึกษของประเทศออสเตรเลียจนได้ผลดีและมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยวิเคราะห์ความผิดพลาดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนิวมานมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน มีดังนี้

ขั้นแรก คือ ความผิดพลาดจากการอ่าน (Reading errors) ความผิดพลาดในขั้นนี้พิจารณาได้จากการที่นักเรียนไม่สามารถอ่านคำสำคัญ (Key word) หรือสัญลักษณ์ที่อยู่ในคำถาม ทำให้นักเรียนถูกจำกัดขอบเขตที่ดำเนินการแก้ปัญหาให้ครบสมบูรณ์ได้

ขั้นที่สองคือความผิดพลาดจากการทำความเข้าใจ (Comprehension errors) แม้ว่านักเรียนจะสามารถอ่านคำทุกคำที่อยู่ในคำถามได้แต่นักเรียนอาจจะไม่เข้าใจความหมายของคำเหล่านั้นได้ทั้งหมด ทำให้นักเรียนก็ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาต่อไปได้

ขั้นที่สาม คือ ความผิดพลาดจากการเปลี่ยนรูป (Transformation errors) ในขั้นนี้ถึงแม้นักเรียนจะเข้าใจโจทย์แต่นักเรียนไม่สามารถเลือกใช้การกระทำทางคณิตศาสตร์ (Operation) เช่น การบวกการลบ การคูณและการหาร ได้หรือไม่สามารถบอกลำดับการกระทำที่จำเป็นในการแก้ปัญหาได้

ขั้นที่สี่ คือ ความผิดพลาดจากการใช้ทักษะกระบวนการ (Process skill errors) ในขั้นนี้ นักเรียนไม่สามารถนำการกระทำทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวไปใช้อย่างถูกต้องแม่นยำได้ซึ่งทำให้เกิดการคำนวณที่ผิดพลาดขึ้น และขั้นสุดท้ายคือ ความผิดพลาดจากการสรุปคำตอบ (Encoding errors) ความผิดพลาดในขั้นนี้เกิดจากการที่นักเรียนทำตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องแต่ไม่สามารถแสดงคำตอบในรูปแบบที่โจทย์ต้องการ

นอกจากนี้กรรณิการ์ ปวนกาศ (2543, หน้า 13-14) ได้กล่าวถึง วิธีการสัมภาษณ์ของ Newman ว่า ผู้สัมภาษณ์จะต้องทำการสัมภาษณ์หลังจากการทำแบบทดสอบเสร็จแล้วทันที โดยต้องแยกสัมภาษณ์ทีละคน ระหว่างการสัมภาษณ์นั้นก็ควรมีการบันทึกไว้ด้วย ส่วนสิ่งแวดล้อมรอบข้างควรมีสภาพที่ไม่รบกวนผู้สัมภาษณ์และนักเรียนมากนักถ้าสังเกตเห็นว่านักเรียนเกิดอาการเกร็งหรือไม่มีสมาธิที่จะให้สัมภาษณ์ต่อไปได้ก็ควรหยุดสัมภาษณ์ทันทีและนอกจากนี้ผู้สัมภาษณ์ต้องระวังในเรื่องของการพูดด้วย เพราะอาจจะทำให้นักเรียนใจวิงวอนหรือเปลี่ยนความคิดได้ และที่ผู้สัมภาษณ์ไม่ควรบอกนักเรียนว่าโจทย์ที่นำมาสัมภาษณ์นั้น เป็นข้อที่นักเรียนเคยทำผิดมาแล้ว ส่วนวิธีการใช้คำถามในการสัมภาษณ์นั้นนิวมานเสนอว่า คำถามดังต่อไปนี้จะเป็นแนวทางไปสู่การวิเคราะห์ความผิดพลาดของนักเรียนจากการเขียนตอบในแบบทดสอบคณิตศาสตร์ได้

ตารางที่ 2-1 วิธีการใช้คำถามในการสัมภาษณ์ Newman

ขั้นที่	การวิเคราะห์ความผิดพลาด	คำถามที่ใช้
1	ความผิดพลาดจากการอ่าน (Reading errors)	นักเรียนลองอ่านคำถามให้ครูฟัง
2	ความผิดพลาดจากความเข้าใจ (Comprehension errors)	บอกครูว่า คำถามต้องการให้เธอทำอะไร
3	ความผิดพลาดจากการเปลี่ยนรูป (Transformation errors)	บอกครูถึงแนวคิดที่เธอจะใช้หาคำตอบ
4	ความผิดพลาดจากการใช้ทักษะกระบวนการ (Process skill errors)	ลองแสดงวิธีที่เธอใช้คำนวณหาคำตอบพร้อมอธิบายตามไปด้วย
5	ความผิดพลาดจากการสรุปตอบ (Encoding errors)	ที่นี่ให้เธอเขียนคำตอบของคำถาม

วิธีการบันทึกการสัมภาษณ์ลงในแบบบันทึกการสัมภาษณ์ของ Newman มีวิธีการบันทึกดังต่อไปนี้

1. การบันทึกผลการสัมภาษณ์ในขั้นการอ่าน (Reading recognition) การสัมภาษณ์นักเรียนในขั้นนี้ผู้ศึกษาจะให้ให้นักเรียนอ่าน โจทย์ปัญหาจากแบบทดสอบ ถ้านักเรียนอ่าน ได้ถูกต้อง ผู้ศึกษาจะวงกลมล้อมรอบอักษร C (Correct) ในช่องของ Word แต่ถ้านักเรียนอ่านคำใดคำหนึ่งผิดหรืออ่านไม่ได้ผู้ศึกษาจะวงกลมล้อมรอบอักษร E (Errors) ในส่วนของ Word เช่นกัน พร้อมกับบันทึกรายละเอียดของการอ่านผิดอย่างย่อ ๆ ในส่วนของการอ่านสัญลักษณ์ที่อยู่ในโจทย์ปัญหานั้น ถ้านักเรียนอ่านสัญลักษณ์ได้ถูกต้องผู้ศึกษาจะวงกลมล้อมรอบอักษร C ในส่วนของ Symbol แต่ถ้านักเรียนอ่านผิดหรืออ่านไม่ได้ผู้ศึกษาจะวงกลมล้อมรอบอักษร E ในส่วนของ Symbol เช่นกัน พร้อมทั้งบันทึกรายละเอียดของการอ่านสัญลักษณ์ที่ผิดอย่างย่อ ๆ

2. การบันทึกผลการสัมภาษณ์ในขั้นการทำความเข้าใจ (Comprehension การบันทึกผลการสัมภาษณ์ในขั้นการทำความเข้าใจคำศัพท์เฉพาะ (Comprehension (a)) เมื่อผู้ศึกษาให้นักเรียนบอกความหมายของคำสำคัญ (Key words) หรือสัญลักษณ์ที่อยู่ในโจทย์ปัญหาแล้วผู้ศึกษาจะบันทึกผลลงในส่วนของ Terms ถ้านักเรียนสามารถบอกได้ถูกต้องผู้ศึกษาจะวงกลม

ล้อมรอบ อักษร C แต่ถ้านักเรียนบอกผิด หรือบอกไม่ได้ผู้ศึกษาจะวงกลมรอบอักษร E และบันทึกรายละเอียดของสิ่งที่ผิดอย่างย่อ ๆ การบันทึกผลการสัมภาษณ์ในขั้นการทำความเข้าใจโจทย์ (Comprehension (b)) เมื่อผู้ศึกษาให้นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์ปัญหาต้องการให้นักเรียนทำแล้วผู้ศึกษาจะบันทึกผลลงในส่วนของ General โดยถ้านักเรียนบอกได้ถูกต้องผู้ศึกษาจะวงกลมล้อมรอบอักษร C แต่ถ้านักเรียนบอกผิด หรือบอกไม่ได้ผู้ศึกษาจะวงกลมรอบอักษร E และบันทึกรายละเอียดของสิ่งที่ผิดอย่างย่อ ๆ

3. การบันทึกผลการสัมภาษณ์ในขั้นการเปลี่ยนรูป (Transformation) ในขั้นนี้ถ้านักเรียนสามารถบอกแนวคิด หรือวิธีที่จะใช้หาคำตอบ ๆ ได้ถูกต้องผู้ศึกษาจะบันทึกผล โดยวงกลมล้อมรอบอักษร C แต่ถ้านักเรียนบอกผิด หรือบอกไม่ได้ผู้ศึกษาจะวงกลมรอบอักษร E และบันทึกรายละเอียด ของสิ่งที่ผิดอย่างย่อ ๆ

4. การบันทึกผลการสัมภาษณ์ในขั้นการใช้ทักษะกระบวนการ (Process skills) ถ้านักเรียนแสดงวิธีคิดคำนวณหาคำตอบได้ถูกต้อง ผู้ศึกษาจะวงกลมล้อมรอบอักษร C แต่ถ้านักเรียนแสดงวิธีคิดคำนวณผิด หรือแสดงวิธีคิดคำนวณไม่ได้ผู้ศึกษาจะบันทึกสิ่งที่ผิดลงในส่วนต่าง ๆ ของขั้น Process skills ดังนี้

4.1 ถ้านักเรียนแสดงวิธีคิดคำนวณซึ่งเป็นการเดาคำตอบที่ผิดผู้ศึกษาจะบันทึกผลลงในส่วนของการเดาคำตอบ โดยวงกลมรอบอักษร E ในแถวของ R (Random response)

4.2 ถ้าพบว่านักเรียนเลือกการกระทำทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณไม่ถูกต้อง ไม่เหมาะสม หรือไม่ตรงกับโจทย์ที่ต้องการแล้วผู้ศึกษาจะบันทึกผลโดยวงกลมรอบอักษร E ในแถวของ WO (Wrong operation)

4.3 ถ้าพบว่านักเรียนได้นำการกระทำทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องตรงกับที่โจทย์ต้องการให้ทำแล้วมาใช้คำนวณอย่างผิด ๆ ผู้ศึกษาจะวงกลมล้อมรอบ E ในแถวของ FA (Faulty algorithm)

4.4 ถ้าพบว่านักเรียนคิดคำนวณผิดผู้ศึกษาจะวงกลมรอบอักษร E ในแถวของ FC (Faulty computation)

4.5 ถ้าพบว่านักเรียนไม่แสดงวิธีคิดคำนวณ หรือ ทำไม่ได้เลยผู้ศึกษาจะวงกลมรอบอักษร E ในแถวของ E ในแถวของ NR (No response) ทั้งนี้ ถ้านักเรียนแสดงวิธีคิดคำนวณผิดพลาด ทุกกรณีดังกล่าวข้างต้นแล้วผู้ศึกษาจะบันทึกความผิดพลาดโดยวงกลมล้อมรอบอักษร E ในแถวสุดท้ายในขั้นนี้

5. การบันทึกผลการสัมภาษณ์ในขั้นการสรุปคำตอบ (Encoding ability) ถ้านักเรียนสรุปคำตอบในรูปข้อความ หรือภาษาได้ถูกต้องผู้ศึกษาจะวงกลมล้อมรอบ C ในส่วนของ Words ถ้าสรุป

ผิดผู้ศึกษาจะวงกลมรอบอักษร E ในส่วนของ Words เช่นเดียวกัน ถ้านักเรียนสรุปคำตอบ ในรูปสัญลักษณ์ได้ถูกต้องผู้ศึกษาจะวงกลมรอบอักษร C ในส่วนของ Symbols ถ้าสรุปผิด ผู้ศึกษาจะวงกลมล้อมรอบอักษร E ในส่วนของ Symbols เช่นเดียวกันจากการศึกษาเกี่ยวกับ วิธีการสัมภาษณ์นักเรียนในการค้นหาข้อบกพร่องทางการเรียน

จากการศึกษา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่า การสัมภาษณ์ คือ การสนทนากันอย่างมีเป้าหมาย ระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ให้สัมภาษณ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการโดยตรง การสัมภาษณ์ยังเป็นวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยอาศัย การสนทนา ซึ่งในการสนทนามีการใช้คำพูด ใช้ตาและหูเพื่อดูและฟังประกอบการพิจารณา ในการสัมภาษณ์นั้นผู้สัมภาษณ์จะต้องมีการวางแผนการสัมภาษณ์ก่อนการสัมภาษณ์ไม่ว่าจะเป็น ในส่วนของคำถาม เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกหรือแม้กระทั่ง สิ่งที่ต้องการจากการสัมภาษณ์ ในแต่ละครั้งการสังเกต

จ่านง พรายแยมแจ (2533, หน้า 11) กล่าวว่า การสังเกต หมายถึงการดูด้วยตาว่า การปฏิบัติงานและการปฏิบัติตนของนักเรียนนั้น อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจหรือมีข้อบกพร่อง อะไรที่จะต้องซ่อมเสริมหรือไม่และ เสียน ไชยศรี (2526, หน้า 94) กล่าวว่า การสังเกต มีความละเอียดลออมากกว่าการดูธรรมดา นอกจากจะใช้การดูแล้วยังต้องใช้การฟังในการรวบรวม ข้อมูลด้วยอีกทั้ง อัมพร ม้าคะนอง (2546, หน้า 90) กล่าวว่า การสังเกตนักเรียนในขณะที่ทำงาน ทั้งงานเดี่ยวหรืองานกลุ่ม จะทำให้ผู้สอนทราบว่านักเรียนแต่ละคนนั้นมีความสามารถมากน้อย เพียงใด แต่อย่างไรก็ตามหากนักเรียนในชั้นมีจำนวนมากก็อาจจะเป็นอุปสรรคหรือทำให้เกิดปัญหา ในการสังเกตนักเรียนเหล่านั้นเป็นรายบุคคลได้ดังนั้นครูจึงอาจจะต้องใช้การจดบันทึกเข้ามาช่วย ซึ่งวิธีง่าย ๆ ที่ครูสามารถทำได้เช่น การใช้มาตรวัดและแบบตรวจสอบการสังเกตและการแก้ปัญหา เป็นต้น

พนม ลิมอารีย์ (2538, หน้า 57-58) และ ฤตินันท์ สมุทร์ทัย (2545, หน้า 43) ได้กล่าวถึง วิธีการบันทึกจากการสังเกตซึ่งสอดคล้องกันว่าการบันทึกจากการสังเกตสามารถทำได้ โดยการบันทึกย่อย ซึ่งเป็นการบันทึกรายละเอียดในสิ่งที่ได้สังเกตมา ไม่มีการแปลความหมาย ไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้บันทึกลงไป การบันทึกแบบนี้จะทำให้เห็นภาพของผู้ถูกบันทึกชัดเจน ซึ่งเรียก วิธีการบันทึกแบบนี้ว่า “ระเบียบปฏิบัติการ” และอีกวิธีหนึ่งของการบันทึกก็คือ ระเบียบสะสม เป็นการบันทึกเกี่ยวกับตัวนักเรียนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเป็นเครื่องมือที่สำคัญ อีกชนิดหนึ่ง เพื่อดูการพัฒนาการทางด้านร่างกาย ปัญหาของเด็กเป็นต้น ส่วนพนม ลิมอารีย์ กล่าวเสริมว่า การบันทึกการสังเกตแบบพรรณนาความ บันทึกเรื่องราวเป็นถ้อยคำตามที่คุณสังเกต พบเห็น การบันทึก การสังเกต แบบนี้ผู้สังเกตจะต้องรู้ว่าจะบันทึกอะไรและบันทึกอย่างไร

ไม่ว่าผู้สังเกตจะเขียนบันทึกอย่างไร ก็ควรจะเขียนบอกให้ทราบถึงรายละเอียดในสิ่งต่อไปนี้ด้วย พฤติกรรมที่เด็กแสดงออกมาความหมายของพฤติกรรมที่เด็กแสดงออกมาข้อเสนอแนะของผู้สังเกต ที่เกี่ยวกับการแก้ไขพฤติกรรมนั้น และในการบันทึกเรื่องราวแต่ละตอนก็ควรบันทึกแยกกัน ทั้งนี้เพื่อไม่ให้สับสนหรือเข้าใจผิดเกี่ยวกับพฤติกรรมของเด็กที่แสดงออกมา

ธีรวุฒิ ประทุมทรัพย์ (2525, หน้า 34) ได้กล่าวถึง หลักในการสังเกตว่า ให้สังเกต แบบพฤติกรรมที่แท้จริงของเด็กที่แสดงออกมา โดยสังเกตจากการแสดงออกของเด็กในกิจกรรม ที่เด็กทำอยู่เสมอซึ่งอาจจะสังเกตสภาพการณ์หรือสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับพฤติกรรมของเด็กด้วย ก็ได้และในการสังเกตนั้นต้องสังเกตเด็กคนเดียว ไม่ควรสังเกตเด็กที่เดียวหลาย ๆ คน นอกจากนี้

พรจันทร์ เจียรอดิศักดิ์ (2527, หน้า 11-12) ได้กล่าวเสริมในหลักการการสังเกตว่า ควรมี การวางแผนล่วงหน้าก่อนการสังเกตว่า จะสังเกตพฤติกรรมอะไร สังเกตเมื่อไหร่ เป็นต้น นอกจากนี้ ควรมีการสังเกตพฤติกรรมในหลาย ๆ ด้าน หลาย ๆ สถานการณ์เพื่อให้เห็นพฤติกรรม ที่แท้จริง ของนักเรียนที่แสดงออกมา และที่สำคัญควรมีการใช้เครื่องมือในการบันทึกการสังเกตด้วย และ การสังเกตนั้นไม่มีข้อจำกัดว่าจะต้องสังเกตพฤติกรรมอะไรบ้างทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการ หรือวัตถุประสงค์ของผู้สังเกตมากกว่าดังนั้นพฤติกรรมของนักเรียนต่อไปนี้ก็อาจจะเป็นพฤติกรรม ที่ควรสังเกต ความตั้งใจความพยายาม ความเอาใจใส่ความมีเหตุมีผลความคิดริเริ่มความคล่องตัว การกล้าแสดงออกความรับผิดชอบ การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ มนุษย์สัมพันธ์ที่แสดงออกมาเมื่อเผชิญหน้ากับปัญหา เป็นต้น

ผิยน ไชยสร (2526, หน้า 125) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของการสังเกตว่า สามารถให้ รายละเอียดเพิ่มเติมจากข้อมูลที่ได้มาจากวิธีการอื่น ๆ เช่น การทดสอบ การสัมภาษณ์ เป็นต้น ซึ่งการสังเกตก็อาจจะให้ข้อเท็จจริงบางประการ ซึ่งวิธีการบางวิธีการก็ไม่สามารถทำได้ เช่น แบบทดสอบไม่สามารถบอกการแสดงปฏิกิริยาของนักเรียนที่มีต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลว ในการแข่งขันกีฬาได้ เป็นต้น นอกจากนี้ การสังเกตช่วยให้เห็นตัวอย่างพฤติกรรมอันแท้จริง เนื่องจากการทดสอบส่วนใหญ่เป็นการเก็บข้อมูลโดยการกระทำอยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้ ตามความต้องการของผู้เก็บข้อมูลนั้น การแสดงพฤติกรรมของผู้ถูกทดสอบจึงไม่ค่อยเสรีมากนัก แต่ถ้าปล่อยให้เด็กนักเรียนได้แสดงพฤติกรรมไปตามธรรมชาติแล้ว ก็จะให้เห็นพฤติกรรมที่แท้จริง ของนักเรียนได้มากที่สุด

จากการศึกษา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีการสังเกตนักเรียน สามารถสรุปได้ว่า ก่อนการสังเกตนั้น ผู้สังเกต ต้องมีการวางแผนว่า ต้องการสังเกตอะไรจากนักเรียน สังเกต พฤติกรรมตอนไหนและในขณะที่ทำการสังเกตนั้นก็ควรมีการใช้เครื่องมือช่วยในการบันทึกด้วย ทั้งนี้เพื่อลดอุปสรรคต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในการสังเกต

แบบฝึกหัด

Dutton and Adams (1965, pp. 611-612) ได้กล่าวถึง วิธีการหาข้อบกพร่องในการเรียน เลขคณิตของนักเรียนไว้ว่าอาจทำได้ โดยใช้การสังเกตนักเรียน ขณะที่นักเรียนกำลังทำงาน ในชั้นเรียนหรืออาจจะดูจากสมุดแบบฝึกหัดหรือจากงานที่ครูส่งอย่างสม่ำเสมอ จากการวิเคราะห์ ความบกพร่องจากแบบฝึกหัด

Leonard and Irving (1991, p. 63) ได้กล่าวถึง การวิเคราะห์แบบฝึกหัดของนักเรียนว่า เทคนิควิธีการอื่น ๆ ที่จะทำให้การสังเกตนั้นสมบูรณ์แบบมากที่สุด ได้แก่ การวิเคราะห์จากการถามนักเรียน การวิเคราะห์จากแบบฝึกหัด เป็นต้น ซึ่งวิธีการใช้คำถาม ถามนักเรียนเกี่ยวกับ งานในสมุดคณิตศาสตร์ของนักเรียนจะทำให้ ครูผู้สอนได้ทราบข้อบกพร่อง ในกระบวนการ การแก้ปัญหาของนักเรียน นอกจากนี้การวิเคราะห์แบบฝึกหัดของนักเรียน ก็ทำให้ครูผู้สอน ได้เห็นความบกพร่องในการใช้วิธีคิดของนักเรียน เทคนิคที่ไม่สมบูรณ์ในการแก้โจทย์ปัญหา หรือแม้กระทั่งการขาดความรู้พื้นฐานในทักษะกระบวนการอีกด้วย

จากการศึกษา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ถึงวิธีการวินิจฉัยข้อบกพร่อง หรือการใช้ เครื่องมือต่าง ๆ ในการวินิจฉัย สามารถสรุปได้ว่า มีวิธีการต่าง ๆ มากมายที่ครูสามารถนำมาใช้ใน กระบวนการเรียนการสอน เพื่อที่จะวิเคราะห์หาข้อบกพร่องในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้ ได้แก่ การใช้แบบทดสอบวินิจฉัย โดยแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบวินิจฉัยที่เป็นมาตรฐานกับแบบทดสอบวินิจฉัยที่ครูสร้างขึ้นเอง นอกจากนี้ก็ยังมี การใช้การสัมภาษณ์ การสังเกต ซึ่งทั้งการสัมภาษณ์และการสังเกตนี้ก็มีหลักการที่คล้าย ๆ กัน ก็คือผู้สัมภาษณ์ต้องมีการวางแผนก่อนว่าจะสัมภาษณ์หรือสังเกตอะไรจากนักเรียนและจะเริ่ม ในกระบวนการเรียนการสอนใด ทั้งนี้ครูจะต้องเข้าใจถึงวิธีการที่ใช้ในการสัมภาษณ์หรือสังเกต อีกด้วย และวิธีการวินิจฉัยข้อบกพร่อง อีกวิธีหนึ่ง ที่เป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ทำให้การใช้ แบบทดสอบวินิจฉัย การสัมภาษณ์และการสังเกตมีความสมบูรณ์มากขึ้นก็คือการวิเคราะห์งาน จากสมุดแบบฝึกหัด หรืองานเขียนของนักเรียนซึ่งวิธีการนี้ ก็จะเป็นรูปธรรมมากกว่าวิธีการอื่น ๆ เนื่องจากจะทำให้ครูสามารถมองเห็นข้อผิดพลาดในกระบวนการคิดของนักเรียนได้อย่างชัดเจน มากขึ้น

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวินิจฉัยข้อบกพร่องจากแบบทดสอบ ซึ่งเป็น แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น โดยเนื้อหาข้อจุดประสงค์การเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางเป็นกรอบ ทำให้มีโอกาสในการวินิจฉัยได้ตรงจุดมากกว่าการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยที่ได้มีผู้อื่นสร้างไว้แล้ว และผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย ได้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ
2. วิเคราะห์หลักสูตร และเนื้อหา
3. แบ่งเป็นเนื้อหาย่อย ๆ และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
4. เขียนข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
5. รวบรวมสาเหตุของจุดบกพร่องที่เกี่ยวข้อง
6. สร้างและนำแบบทดสอบสำรวจไปทดสอบ
7. นำมาปรับปรุงและสร้างตัวलग
8. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด
9. นำแบบทดสอบวินิจฉัยไปทดสอบ
10. นำแบบทดสอบวินิจฉัยที่ทดสอบแล้วไปปรับปรุง
11. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ
12. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบ

4. ประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัย

การเรียนรู้ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาเป็นรากฐานความรู้ระดับสูงขึ้นไปในระดับมหาวิทยาลัย หากนักเรียนมีพื้นฐานความรู้ที่ดีและเป็นความรู้ที่ถูกต้อง ปราศจากข้อบกพร่องและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแล้วนั้น ย่อมส่งผลดีต่อตัวนักเรียนเองแน่นอน และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจำเป็นต้องทราบข้อบกพร่องหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งหาทราบข้อบกพร่องดังกล่าวแล้วก็จะสามารถนำไปสู่การออกเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความรู้ของนักเรียนยิ่งขึ้นไป และเป็นไปได้เมื่อมีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนออกมาได้ถูกต้องและแม่นยำ ก็จะช่วยในการสร้างหลักสูตรการศึกษาในระดับนโยบาย ซึ่งจะเป็ประโยชน์อย่างมาก เพราะหากในหลักสูตรการศึกษามีการบรรจุการเรียนการสอน ที่จะช่วยจัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนและลบจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แล้วจะส่งผลดีตามมาอย่างมาก และในการวัดผลระดับชาติคะแนนการศึกษาของประเทศไทย ก็น่าจะมีอันดับที่สูงขึ้น

กัญวลัญช์ จิตรดี (2559, หน้า 20) ได้กล่าวสรุปถึง ประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยว่าเป็นการนำแบบทดสอบวินิจฉัยไปใช้ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ช่วยให้ครูเตรียมบทเรียนได้ตรงตามความต้องการของนักเรียน ได้ปรับการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียน ทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นน้อยลง รวมทั้งประหยัดเวลาและแรงงานของครูในการวินิจฉัย ทำให้เกิดการสอนซ่อมเสริมเป็นรายบุคคลมากขึ้น รวมไปถึงตัวนักเรียนเองก็ได้รับประโยชน์

จากการวินิจฉัยตรงที่ทราบว่าตนเองมีความบกพร่องเรื่องใด ซึ่งเป็นข้อมูลในการพัฒนาตนเอง และเกิดแรงจูงใจในการเรียนทำให้สนใจการเรียนมากขึ้น

Lindquist (1963, p. 37 อ้างถึงใน รัชวินทร์ ยิมละมัย, 2557, หน้า 21) กล่าวถึง

ข้อดีของแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนสรุปได้ว่า

1. สามารถวิเคราะห์ข้อบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนได้ละเอียดกว่าวิธีการอื่น ๆ
2. ช่วยให้ครูได้ทราบถึงองค์ประกอบที่สำคัญลำดับขั้นที่จำเป็นตลอดจนอุปสรรคในการเรียนการสอน
3. ประหยัดเวลาและแรงงานของครูในการวินิจฉัยทำให้มีเวลาจัดซ่อมเสริมเป็นรายบุคคลได้มากขึ้น
4. ช่วยให้นักเรียนทราบว่าตนเองต้องเรียนอะไรเพิ่มเติมจากการปรับปรุงข้อบกพร่องที่สำคัญของตนเอง
5. ประหยัดเวลาของครูในการจัดหรือเตรียมการซ่อมเสริมและช่วยในการปรับปรุงการเรียนการสอน

วิศา ช่อน้ำ (2551, หน้า 18) สรุปประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยได้ ดังนี้

1. แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่ครูใช้ในการค้นหาจุดบกพร่องการเรียนของนักเรียนในแต่ละเนื้อหาย่อย ๆ ว่านักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาการเรียนในแต่ละตอน
 2. เป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เกิดจากความบกพร่องของตัวครูผู้สอน
 3. ผู้เรียนสามารถประเมินตนเองได้ถึงจุดบกพร่องในการเข้าใจเนื้อหาเพื่อทำความเข้าใจในเนื้อหาอีกครั้งและทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน เตรียมพร้อมในการเรียนอยู่เสมอ
- จากข้อดีและประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า แบบทดสอบวินิจฉัยสามารถช่วยให้ครูสามารถทราบถึงข้อบกพร่องของนักเรียนได้ และสามารถประหยัดเวลาในการ

โชติ เพชรชื่น (2544, หน้า 10-11) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยว่ามีประโยชน์ต่อนักเรียน ครู ผู้สอน และผู้บริหาร ดังนี้

1. ช่วยให้นักเรียนรู้ข้อบกพร่องของตนเองโดยดูคะแนนผลการสอบแต่ละส่วนว่ามีส่วนไหนบ้างที่ได้คะแนนน้อยกว่าปกติ หรือต่ำกว่าคะแนนเกณฑ์ เมื่อรู้ข้อบกพร่องหรือจุดด้อยแล้วก็จะได้ปรับปรุงหรือฟื้นฟูความรู้ความเข้าใจหรือฝึกทักษะในเรื่องนั้น ๆ เป็นการเฉพาะเป็นการแก้ปัญหาในส่วนของตัวนักเรียนบางคนอาจมีข้อบกพร่องเพียงจุดเดียว ด้านเดียว แต่บางคน อาจบกพร่องหลาย ๆ จุด หลาย ๆ ด้าน ก็ได้ไม่เท่ากัน

2. ครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาสามารถช่วยเหลือนักเรียนได้ตรงจุดทำให้ปัญหาของนักเรียนหมดไปโดยเร็วเป็นการประหยัดเวลา นอกจากนี้ยังต้องตระหนักว่าวิธีการสอนที่เคยใช้อยู่ก่อนอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้สอนเสริม ควรแสวงหาหรือเลือกวิธีสอนใหม่ซึ่งแตกต่างไปจากวิธีการสอนแบบเดิมที่เคยใช้สอนเรื่องนั้น ๆ มาก่อนแล้ว

3. ผู้บริหารโรงเรียนสามารถจัดการ สนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้แก่ครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษา ตลอดจนทั้งตัวนักเรียนเองได้ตรงประเด็นหรือตรงความต้องการ ผลที่เกิดขึ้นก็คือ ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของหลักสูตร วินิจฉัยนักเรียนเป็นรายบุคคลได้ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการเรียนการสอนในห้องเรียนที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัย ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์สาระสำคัญ ผลการสังเคราะห์จึงได้สรุปว่า เป็นแนวทางในการหาสาเหตุหรือจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล ผู้เรียนสามารถประเมินตนเองได้ถึงจุดบกพร่อง และครูสามารถช่วยเหลือนักเรียนได้ตรงจุด ครูสามารถปรับปรุง แก้ไขกระบวนการจัดการเรียนการสอน นักเรียนก็ได้รับประโยชน์จากการวินิจฉัยทราบว่าตนบกพร่องเรื่องใด

5. การหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย

แบบทดสอบวินิจฉัยที่ผู้วิจัยหาคุณภาพเป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์ ผู้วิจัยขอเสนอการหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยตามแนวแบบทดสอบอิงเกณฑ์ ดังนี้

1. ค่าความยากของแบบทดสอบ (Difficulty)

ในการหาค่าความยากของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้แนวคิด และข้อเสนอแนะถึงค่าความยากของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ไว้ ดังนี้

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2551, หน้า 88-89) กล่าวว่า ความยากคือ สัดส่วนที่แสดงว่าข้อสอบนั้น มีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากก็เป็นข้อสอบง่าย ถ้ามีคนตอบถูกน้อยก็เป็นข้อสอบยาก ซึ่งแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ไม่ใช่ค่าความยากเป็นเกณฑ์ในการตัดสินคุณภาพเครื่องมือ ข้อสอบที่คัดเลือกมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลควรเป็นข้อสอบที่มีความยากปานกลางคือ ประมาณ .50 แต่ในทางปฏิบัติกำหนดเกณฑ์ระดับความยากของข้อสอบที่จะเลือกไว้ในช่วง .20-.80

พิสนุ ฟองศรี (2552, หน้า 21) ความยาก เป็นสัดส่วนของการตอบถูกผิดของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบ ข้อคำถามใดที่มีคนตอบถูกมากถือว่าเป็นข้อสอบที่ง่าย จะมีค่าความยากมาก ข้อใดที่มีคนตอบถูกน้อยถือว่าเป็นความยากมาก แต่จะได้ค่าความยากน้อย ค่าความยากมีค่าระหว่าง .00-1.00 ค่าความยากยิ่งสูง ข้อสอบยิ่งง่าย ค่าที่ใช้ได้ค่าระหว่าง .20-.80 ค่าที่ดีที่สุด คือ ค่าปานกลางคือ .50

สมนึก ภัททิยธนี (2553, หน้า 71) กล่าวว่า ความยาก หมายถึง จำนวนคนตอบข้อสอบ ได้ถูกมากน้อยเพียงใด หรืออัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกกับจำนวนคนทั้งหมดที่เข้าสอบ ตามทฤษฎีวัดผลแบบอิงกลุ่ม ข้อสอบที่ดีคือ ข้อสอบที่ไม่ยากหรือง่ายเกินไป เรียกว่ามีความยากพอเหมาะ เพราะคุณค่าของข้อสอบดังกล่าวจะช่วยจำแนกข้อสอบได้ว่า ใครเก่งใครอ่อน ข้อสอบข้อใดที่ไม่มีใครทำได้ถูก หรือข้อสอบที่ทุกคนทำถูกต่างก็ไม่สามารถจำแนกผู้สอบได้ว่าใครเก่งใครอ่อน จึงไม่มีคุณค่าในการจำแนก ส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ ถือว่าข้อสอบที่ดี คือสามารถวัดผู้เรียนได้บรรลุจุดประสงค์หรือไม่ การที่ทุกคนทำข้อสอบได้ถูก แสดงว่าเขาบรรลุตามจุดประสงค์ตามที่ต้องการ ดังนั้น สิ่งที่สำคัญของข้อสอบอยู่ที่ว่าสามารถวัดในจุดประสงค์ที่ต้องการได้จริงหรือไม่ ถ้าวัดได้จริงก็นับว่าเป็นข้อสอบที่ดี แม้ว่าจะเป็นข้อสอบที่ง่ายก็ตาม

ไพศาล วรคำ (2554, หน้า 292) ความยากของข้อสอบเป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้น ได้ถูก ดังนั้นความยากของข้อสอบจึงพิจารณาได้จาก จำนวนผู้ตอบข้อสอบนั้นถูก ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบง่าย หรือมีดัชนีความยากสูง ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยาก หรือมีค่าดัชนีความยากต่ำ การหาค่าความยากของข้อสอบนิยมหาเฉพาะในการสอบแบบอิงกลุ่ม เพื่อทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบ ข้อสอบที่มีค่าความยากเหมาะสมอยู่ระหว่าง .20-.80 ส่วนในการสอบแบบอิงเกณฑ์นั้นพิจารณาความรอบรู้ (ผ่านเกณฑ์) หรือไม่รอบรู้ (ไม่ผ่านเกณฑ์) จึงไม่ค่อยคำนึงถึงความยากของข้อสอบ แต่พิจารณาพฤติกรรมและเนื้อหาที่ต้องการวัดมากกว่า การหาความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์จึงเป็นการหาเพื่อให้ทราบระดับความยากเท่านั้น

จากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยหาค่าความยากของแบบทดสอบโดยใช้สูตรการหาค่าความยากของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (สมนึก ภัททิยธนี, 2553, หน้า 212) ดังนี้

$$p = \frac{R}{N}$$

เมื่อ p แทน ดัชนีค่าความยากง่าย

R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูก

N แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบทั้งหมด

2. ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (Discrimination)

ได้มีนักศึกษาได้เสนอแนวคิดและข้อคิดเห็นถึงค่าอำนาจจำแนกขอแบบทดสอบอิงเกณฑ์ไว้ดังนี้

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 197) ได้เสนอแนวคิดเห็นว่า ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอิงเกณฑ์นั้นจะเป็นค่าอำนาจจำแนกระหว่างกลุ่มที่ยังไม่ได้รับการเรียนรู้หรือกลุ่มที่ยังไม่รู้ (Non-master) กับกลุ่มที่ได้รับการเรียนรู้หรือที่รู้แล้ว (Master) ข้อสอบอิงเกณฑ์ไม่เน้นที่ค่าอำนาจจำแนก เนื่องจากแบบทดสอบจะใช้ในการวัดผลที่ใช้ในการเรียนการสอนแบบมีระบบ (Systematic instruction) เช่น การเรียนการสอนรอบรู้ ซึ่งการสอนนี้จะเน้นที่คุณภาพการสอนของครู ถ้าครูสอนดีเด็กทุกคนจะเรียนรู้หมด นั่นคือ มีคะแนนเต็มหรือใกล้เต็มทุกคน เมื่อหาค่าอำนาจจำแนก จะมีค่าเป็น 0 หรือเข้าใกล้ 0 ดังนั้น ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ ควรมีค่าเท่ากับ 0

บุญชม ศรีสะอาด (2553, หน้า 87) ได้เสนอแนวคิดเห็นว่า อำนาจจำแนกของแบบทดสอบอิงเกณฑ์เป็นประสิทธิภาพในการจำแนกผู้สอบเป็นผู้รอบรู้หรือสอบผ่าน กับ ผู้ไม่รอบรู้ หรือสอบไม่ผ่าน

สุรวาท ทองบุ (2553, หน้า 101-103) ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อสอบ รายข้อแบบอิงเกณฑ์ จะมุ่งเน้นการหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบเพียงอย่างเดียว ซึ่งเสนอไว้ 2 วิธี คือ การหาค่าอำนาจจำแนกจากผลการสอบสองครั้ง (ก่อนสอนและหลังสอน) และจากผลการสอบครั้งเดียว (หลังสอน) เป็นวิธีหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่เสนอ โดยบรรณแนบค่าอำนาจจำแนกที่หาโดยวิธีนี้ เรียกว่า ดัชนีบี (B-Index) หรือ Brennan

สมนึก ภัททิยธนี (2553, หน้า 213) ได้เสนอแนวคิดว่า ค่าอำนาจจำแนกคือ ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้สอบที่มีคุณลักษณะหรือความสามารถแตกต่างกัน ออกจากกันได้ การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อแบบอิงเกณฑ์มีอยู่ 2 วิธี

วิธีที่ 1 การหาค่าอำนาจจำแนก จากผลการทดสอบ สองครั้ง (ก่อนสอน และหลังสอน) กล่าวคือให้ผู้สอบทำข้อสอบชุดนั้นก่อนสอน และทำข้อสอบชุดนั้นอีกครั้งหลังสอนเสร็จแล้ว เพื่อดูผลต่างของการตอบถูก ซึ่งเป็นค่าอำนาจจำแนกที่ เสนอ Krysin and Feldhuson (Kryspin & Feldhuson) เรียกค่าอำนาจจำแนกดังกล่าวว่า ดัชนี เอส (S-Index หรือ Sensivity Index) โดยใช้สูตรดังนี้

$$S = \frac{R_{pos} - R_{pre}}{N}$$

เมื่อ S แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

R_{pos} แทน จำนวนคนตอบถูกก่อนสอน

R_{pre} แทน จำนวนคนตอบถูกหลังสอน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

วิธีที่ 2 การหาค่าอำนาจจำแนก จากผลการสอบครั้งเดียว (หลังการสอน) กล่าวคือ เมื่อครูสอนจบตามจุดประสงค์ที่ต้องการจึงให้ผู้สอบทำข้อสอบชุดนั้น เพียงครั้งเดียว (หลังสอน) เพื่อจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) กับกลุ่มไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์) ซึ่งเป็นค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่เสนอ โดย Brennan, Mednick and Mednick (1974, pp. 244-261) ค่าอำนาจจำแนก ที่หาโดยวิธีนี้ เรียกว่า ดัชนี บี (B-Index หรือ Brennan Index) อำนาจจำแนกของข้อสอบในที่นี้ จึงหมายถึง ผลต่างระหว่างอัตราส่วนของจำนวนคนในกลุ่มรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) ตอบถูกกับอัตราส่วนของจำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์) ตอบถูกใช้สูตรดังนี้

$$B = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ B แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

U แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกของกลุ่มที่สอบผ่านเกณฑ์

L แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกของกลุ่มที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

n_1 แทน จำนวนนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์

n_2 แทน จำนวนนักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ดัชนี บี

1. นำข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ไปทดสอบกับนักเรียนที่เรียนจบเรื่องที่จะวัด
2. ตรวจสอบให้คะแนนข้อสอบแต่ละข้อและรวมคะแนนของทุกข้อ
3. ใช้จุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์ตัดสินการผ่าน-ไม่ผ่าน แบ่งผู้สอบออกเป็นผู้รอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) กับผู้ไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)
4. ได้จำนวนผู้รอบรู้ ($N1$) และผู้ไม่รอบรู้ ($N2$)
5. แต่ละข้อนับจำนวนผู้รอบรู้ที่ตอบถูก (U) และนับจำนวนผู้ไม่รอบรู้ที่ตอบถูก (L)
6. คำนวณหาค่าอำนาจจำแนก (B) จากสูตรการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้สูตรของ

Brennan et al. (1974, pp. 244-261) ในการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

พิชิต ฤทธิจรูญ (2551, หน้า 138) อำนาจจำแนกเป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนได้ ตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้-ไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการว่าคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูก คนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดี จะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือใดมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นก็มีความเที่ยงตรง เชิงสภาพสูง ด้วย การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบโดยใช้สูตรของ Brennan et al. (1974, pp. 244-261)

3. ความตรงของแบบทดสอบ (Validity)

ลิวิน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543, หน้า 246) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบอิงเกณฑ์เกี่ยวกับความตรง ดังนี้ ความตรง เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวิจัยนั้นสามารถวัดสิ่งที่มุ่งจะวัดได้ซึ่งความตรงเป็นดัชนีที่บ่งบอกให้รู้ว่าเครื่องมือนั้น ๆ สามารถวัดสิ่งที่ต้องการจะวัดได้หรือไม่ การตรวจสอบความตรงของเครื่องมือเป็นการกระทำเพื่อดูว่าเครื่องมือนั้นสามารถวัดได้ตรงตามเกณฑ์ที่ต้องการหรือไม่ เป็นคุณภาพที่จะทำให้ผลการวัดที่ได้สามารถแทนคุณลักษณะที่ต้องการจะวัดได้มากน้อยเพียงใด ความตรงแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

3.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เครื่องมือที่มีความตรงเชิงเนื้อหา นั้น เครื่องมือต้องถามในเนื้อหาและสาระตรงตามสิ่งที่เป็นเนื้อหาสาระของสิ่งที่ต้องการวัดและเป็นไปตามสัดส่วนของความสำคัญในแต่ละเนื้อหาด้วย เช่น การวิจัยเรื่องความรู้เกี่ยวกับการพยาบาลผู้ป่วยโรคเอดส์ของนักศึกษาพยาบาล ผู้วิจัยสร้างข้อสอบวัดความรู้เกี่ยวกับการพยาบาลโรคเอดส์ โดยเนื้อหาที่ใช้ในการออกข้อสอบต้องสอดคล้องกับการพยาบาลผู้ป่วยโรคเอดส์หากสอดคล้องก็นับว่ามีความตรงตามเนื้อหา แต่หากคำถามที่ใช้วัดถามถึงความคิดเห็นว่านักศึกษาารู้สึกอย่างไรต่อการให้การพยาบาลผู้ป่วยโรคเอดส์ก็แสดงว่าถามไม่ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัดคือความรู้

3.2 ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) เครื่องมือที่มีความตรงเชิงโครงสร้างเครื่องมือสามารถวัดได้สอดคล้องกับโครงสร้างหรือคุณลักษณะตามทฤษฎีของสิ่งนั้น ๆ นั่นคือ ต้องสร้างข้อคำถามให้มีพฤติกรรมต่าง ๆ ตรงตามพฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายของสิ่งที่ต้องการจะวัด เช่น แบบวัดเซาว์ปัญญาจะมีความตรงเชิงโครงสร้างจะต้องสร้างข้อคำถามให้มีพฤติกรรมต่าง ๆ ที่วัดองค์ประกอบครบถ้วนตามทฤษฎีของเซาว์ปัญญา ถ้าสร้างตามทฤษฎีของกิลฟอร์ดก็ต้องสร้างให้ครบทั้ง 3 มิติ คือ เนื้อหา ปฏิบัติการ และผลผลิต

3.3 ความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ (Criterion related validity) เครื่องมือที่มีความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์เครื่องมือแสดงถึงผลการใช้เครื่องมือทำนายพฤติกรรมของบุคคลในสถานการณ์เฉพาะหรือแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของเครื่องมือกับคะแนนการวัดจากเกณฑ์สัมพันธ์ภายนอก (External criterion) ที่เป็นอิสระ เกณฑ์สัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ เกณฑ์ปัจจุบันกับ เกณฑ์อนาคต ซึ่งเรียกว่าความตรงเชิงสภาพ (Concurrent validity) และความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity)

3.3.1 ความตรงเชิงสภาพ (Concurrent validity) เครื่องมือที่มีความตรงเชิงสภาพ เครื่องมือสามารถให้ผลการวัดสอดคล้อง กับสภาพความเป็นจริงของคุณลักษณะนั้นในขณะนั้น เช่น คนที่เก่งภาษาอังกฤษมากที่สุดในระดับ ก็ควรจะสอบข้อสอบภาษาอังกฤษ ได้เป็นที่หนึ่ง เป็นต้น ในการหาความตรงเชิงสภาพนี้ต้องมีข้อมูลแทนสภาพของผู้ถูกสอบแล้ว จึงนำข้อมูลเหล่านั้น

มาหาความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ต้องการหาความตรงเชิงสภาพ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson หรืออาจใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอื่น ๆ ความตรงเชิงสภาพนี้มีความเกี่ยวข้องกับค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของเครื่องมือ นั้น ๆ เครื่องมือที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงจะมีความตรงเชิงสภาพสูงควบคู่กันไป

3.3.2 ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity) เครื่องมือที่มีความตรงเชิงพยากรณ์ เครื่องมือนั้นสามารถบ่งบอกผลที่วัดในขณะนั้น ได้ถูกต้องตามสภาพที่แท้จริงในอนาคต ในการหาความตรงเชิงพยากรณ์ หาโคออสัยความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของเครื่องมือวัดกับคะแนนเกณฑ์สัมพัทธ์ ซึ่งจะปรากฏในอนาคต เช่น เกณฑ์สัมพัทธ์จากแบบวัดความถนัดทางการปฏิบัติการพยาบาลจะสัมพันธ์กับคะแนนผลการปฏิบัติการพยาบาล ซึ่งการคำนวณหาความตรงเชิงพยากรณ์จะต้องอาศัยเวลาเพราะคะแนนของเครื่องมือวัดกับเกณฑ์สัมพัทธ์ได้มาคนละเวลากัน วิธีการคำนวณคำนวณได้จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson หรืออาจใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบอื่น ๆ

สุรวาท ทองบุ (2553, หน้า 105) ได้เสนอการหาค่าความตรง (Validity) ของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ไว้ว่าการหาค่าความตรงมี 2 วิธี คือ หาความตรงตามเนื้อหา (Content validity) และความตรงตามโครงสร้าง (Construct validity)

สมนึก ภัททิยธนี (2553, หน้า 218-222) หาความตรงของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ ความตรงเชิงเนื้อหาและความตรงเชิงโครงสร้าง ดังนี้

1. ความตรงตามเนื้อหาแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ อาศัยคลุยพินิจของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านการวัดผล และอาศัยเทคนิคการตรวจสอบจากการทดลองหรือเทคนิคเชิงประจักษ์ทั้ง 2 กรณี ใช้สูตร Rovinelli and Hambleton, (1977, pp. 214-221) เรียกว่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC: Index of item objective congruence) ซึ่งพิจารณาต่อไปนี้

1.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ ครอบคลุมเนื้อหาหรือไม่

1.2 ข้อสอบที่จะวัดแต่ละข้อ วัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม หรือไม่ทั้ง 2 กรณี ซึ่งมีขั้นตอนการพิจารณา ดังนี้

1.2.1 ผู้สร้างข้อสอบพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง ชื่อเรื่อง ความคิดรวบยอด (Concept) จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ประจำบทหรือหน่วยการเรียนรู้ และพิจารณาจำนวนฉบับของแบบทดสอบ

1.2.2 เขียนชื่อเรื่องและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมลงในแบบฟอร์มเพื่อมอบให้ผู้เชี่ยวชาญประมาณ 3-5 คน เป็นผู้พิจารณาความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับชื่อเรื่อง และระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม พร้อมทั้งกำหนดคะแนนความคิดเห็น

1.2.3 หาผลรวมของคะแนนในแต่ละจุดประสงค์หรือในข้อสอบแต่ละข้อของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อดูดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1

$\sum R$ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2.4 พิจารณาคัดเลือกจุดประสงค์หรือข้อสอบที่มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ .50 ถึง 1.00 ซึ่งแสดงว่าจุดประสงค์นั้นวัดได้ครอบคลุมกับเนื้อหาตามชื่อเรื่องนั้น หรือข้อสอบข้อนั้น วัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2. ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามลักษณะหรือตรงตามทฤษฎีต่าง ๆ ของโครงสร้างนั้นหรือวัดได้ครอบคลุมตามลักษณะของโครงสร้างของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ การหาความตรงทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมใช้คือ วิธีของ Carver (Carver method)

การกำหนดคะแนนจุดตัด

ลิวิน สายยศและอังคณา สายยศ (2543, หน้า 266-295) กล่าวว่า คะแนนจุดตัดเป็นคะแนนที่ใช้สำหรับเป็นเกณฑ์ในการนำผลการสอบไปเปรียบเทียบว่านักเรียนมีคะแนนสูงหรือต่ำกว่าคะแนนจุดตัดถ้าคะแนนผลการสอบของนักเรียนคนใดสูงกว่าคะแนนจุดตัด แสดงว่านักเรียนคนนั้นมีความรอบรู้ (Master) สมควรที่จะผ่านไปเรียนจุดประสงค์การเรียนรู้ใหม่ต่อไป แต่ถ้าคะแนนผลการสอบต่ำกว่าคะแนนจุดตัด ก็แสดงว่านักเรียนยังไม่รอบรู้ (Nonmaster) จะต้องกลับมาเรียนซ่อมเสริมในจุดมุ่งหมายในการเรียนนั้นอีก ดังนั้น คะแนนจุดตัดจะเป็นจุดที่กำหนดความสามารถขั้นต่ำ (Minimal competence) ของความต้องการในการเรียนรู้ (Minimum requirement) บางครั้งเรียกว่า การกำหนดมาตรฐาน (Standard setting) การกำหนดคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบในแต่ละครั้งนั้น จะทำให้การตัดสินผู้สอบแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

ผลการสอบ

สถานภาพจริง	ประเภทผู้สอบ	รอบรู้	ไม่รอบรู้
	รอบรู้	การตัดสินใจที่ถูกต้อง	ความคลาดเคลื่อนแบบไม่ยอมรับ
ไม่รอบรู้	ความคลาดเคลื่อนแบบยอมรับ	การตัดสินใจที่ถูกต้อง	

จะเห็นว่าเมื่อกำหนดคะแนนจุดตัดแล้วจะสามารถจัดประเภทของผู้สอบได้

4 ลักษณะ ด้วยกัน ดังนี้

1. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่านักเรียนสอบไม่ผ่านทั้ง ๆ ที่ตามสภาพจริงแล้วเป็นผู้มีความรู้จึงเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น เรียกว่าความคลาดเคลื่อนในการไม่ยอมรับ (Error of rejection) หรือความผิดพลาดแบบลบ (False negative) คือเป็นผู้ไม่รอบรู้แบบไม่จริง

2. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่านักเรียนสอบผ่านเกณฑ์ทั้ง ๆ ที่ตามสภาพจริงแล้วเป็นผู้ไม่มีความรู้จึงเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นเรียกความคลาดเคลื่อนในการยอมรับ (Error of acceptance) หรืออาจผิดพลาดแบบบวก (False positive) คือ เป็นผู้รอบรู้แบบไม่จริง

3. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์ แล้วตัดสินว่านักเรียนสอบผ่านเกณฑ์และสถานภาพจริงก็เป็นผู้มีความรู้แสดงว่าการตัดสินใจผลการสอบครั้งนี้ถูกต้อง (Correct decision) ไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

4. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่านักเรียนสอบไม่ผ่านเกณฑ์และสถานภาพจริงก็เป็นผู้ไม่มีความรู้แสดงว่าการตัดสินใจผลการสอบครั้งนี้ถูกต้อง (Correct decision) ไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากลักษณะทั้ง 4 ประการ ดังกล่าวนั้น การตัดสินใจผลการสอบของแบบทดสอบอิงเกณฑ์หลังจากกำหนดคะแนนจุดตัดแล้ว ต้องการการตัดสินใจที่ถูกต้อง คือ แบบที่ 3 กับแบบที่ 4 ส่วนแบบที่ 1 กับแบบที่ 2 นั้น ไม่ต้องการให้เกิดขึ้น หรือเกิดน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ดังนั้นในการกำหนดจุดตัดที่เหมาะสมคือ จุดที่ทำให้ผลการตัดสินแบบ 1 กับแบบ 2 (ความผิดพลาดแบบลบกับ ความผิดพลาดแบบบวก) มีค่าน้อยที่สุดหรือมีค่าเป็นศูนย์

วิธีกำหนดคะแนนจุดตัด (Standard-setting method)

การกำหนดคะแนนจุดตัดนั้น Hambleton and Eignor (1979 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 268) ได้แบ่งวิธีหาคะแนนจุดตัดออกเป็น 3 วิธีคือการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีการพิจารณา (Judgmental methods) การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีเชิงประจักษ์ (Empirical methods) และการกำหนดคะแนนจุดตัดแบบผสม (Combination methods) มีรายละเอียดดังนี้

การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีการพิจารณา

วิธีนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาตัดสินจากเนื้อหาของข้อสอบแต่ละข้อแล้วคำนวณหาค่าคะแนนจุดตัด ซึ่งมีผู้เสนอหาคะแนนจุดตัดหลายวิธี ดังนี้ของ Nedelsky วิธีของ Angoff and Hambleton ดังนี้

1. วิธีของเนเดลสกี (Nedelsky) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบเลือกตอบโดยมีวิธีการดังนี้

1.1 ให้ผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชาเป็นผู้พิจารณาตัวเลือกของแบบทดสอบเลือกตอบแต่ละข้อว่าตัวเลือกใดที่คิดว่านักเรียนที่มีความสามารถต่ำที่สุด (Lowest D student) จะไม่เลือกตอบ

1.2 นำตัวเลือกที่เหลืมาหาค่าความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะเลือกตอบ เช่น ข้อสอบมี 5 ตัวเลือก และผู้เชี่ยวชาญคิดว่านักเรียนที่มีความสามารถต่ำที่สุดจะไม่เลือกตอบ 2 ตัวเลือก แล้วตัวเลือกที่เหลือ 3 ตัวเลือก มาหาค่าความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะเลือกตอบ มีค่า $1/3$ หรือ $.33$

1.3 คำนวณผลรวมของค่าความน่าจะเป็นของแต่ละข้อของแบบทดสอบ ใช้สัญลักษณ์ว่า M

1.4 เอาค่า M ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาคำนวณค่าเฉลี่ยใช้สัญลักษณ์ μ_M และค่าคะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ M ใช้สัญลักษณ์ σ_M แล้วคำนวณคะแนนจุดตัด จากสูตร ดังนี้

$$\text{คะแนนจุดตัด } (C_x) = \mu_M + K\sigma_M$$

เมื่อ K คือ ตัวคงที่มีค่า -1, 0, 1 และ 2 เมื่อให้นักเรียนที่มีความรู้ต่ำสุดมีโอกาสตก 16%, 50%, 84% และ 98% ตามลำดับ ซึ่งกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญทางเนื้อหาวิชา โดยทั่วไปแล้วมักจะกำหนดค่า K อยู่ระหว่าง .50 ถึง 1.00

2. วิธีของแองกอฟฟ์ (Angoff) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชานั้น โดยพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อว่า ผู้ที่มีความรู้มีความน่าจะเป็น (โอกาสที่จะตอบถูก) ในการตอบถูกข้อนั้นเป็นอย่างไร แล้วหาค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นเป็นคะแนนจุดตัดดังกล่าวของแบบทดสอบเลือกตอบวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีค่าความน่าจะเป็นในการตอบถูกในแต่ละข้อของผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ได้ข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 2-2 ค่าความน่าจะเป็นของแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

ความน่าจะเป็นของ ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อสอบ					รวม
	1	2	3	4	5	
1	0.33	0.80	0.20	0.20	0.50	2.03
2	0.50	0.90	0.33	0.90	0.75	3.38
3	0.40	1.00	0.20	0.33	0.50	2.43
	รวม					7.84

จากข้อมูลคะแนนจุดตัดมีค่า = $7.84/3 = 2.61$ หรือ เท่ากับ 3 คะแนน แสดงว่าแบบทดสอบ 5 ข้อนี้มีคะแนนจุดตัด 3 คะแนน

3. วิธีของอีเบล (Ebel) วิธีนี้เป็นการใช้การพิจารณาจากลักษณะความยากง่ายและความเกี่ยวข้องในเนื้อหาของแบบทดสอบอิงเกณฑ์เป็นหลักในการพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังไว้ในข้อสอบซึ่งอีเบลได้กำหนดไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2-3 การพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังในข้อสอบโดยวิธีของอีเบล (Ebel)

ลักษณะข้อสอบ	ระดับความยากง่ายของแบบทดสอบ		
	ง่าย	ปานกลาง	ยาก
ความจำเป็น	100 %	-	-
ความสำคัญ	90 %	70 %	-
การยอมรับ	80 %	60 %	40 %
ยังเป็นปัญหา	70 %	50 %	30 %

จากตารางที่ 2-3 จะนำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แต่ละข้อมาแจกแจงลักษณะของสิ่งที่เกี่ยวข้องในเนื้อหาแล้วคำนวณเป็นคะแนนจุดตัดหรือคะแนนการสอบผ่านของนักเรียนโดยใช้สูตร ดังนี้

ผลรวมทั้งหมดของผลคูณระหว่างจำนวนข้อกับความสำเร็จที่คาดหวังไว้

$$\text{คะแนนจุดตัด} = \frac{\text{ผลรวมจำนวนข้อของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด}}{\text{ผลรวมทั้งหมดของผลคูณระหว่างจำนวนข้อกับความสำเร็จที่คาดหวังไว้}}$$

จากข้อมูลดังกล่าวนี้จะนำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แต่ละข้อมาแจกแจงลักษณะของสิ่งที่เกี่ยวข้องในเนื้อหาแล้วคำนวณเป็นคะแนนจุดตัดหรือคะแนนการสอบผ่านของนักเรียน ดังตัวอย่าง ตัวอย่างแบบทดสอบฉบับหนึ่ง มี 50 ข้อ เมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน พิจารณาแยกแยะลักษณะข้อสอบ ซึ่งจะกลายเป็นมีจำนวนข้อทั้งหมด 250 ข้อ (50×5) แล้วนำไปคำนวณคะแนนจุดตัด ดังนี้

ตารางที่ 2-4 ตัวอย่างการหาคะแนนจุดตัด

ลักษณะข้อสอบ	จำนวนข้อ	ความสำเร็จที่คาดหวังไว้	จำนวนข้อความสำเร็จที่คาดหวังไว้
ความจำเป็น	47	100 %	4,700
ความสำคัญ			
ง่าย	53	90 %	4,770
ปานกลาง	77	70 %	
การยอมรับ			
ง่าย	12	80 %	960
ปานกลาง	24	60 %	1,440
ยาก	26	40 %	1,040
ยังมีปัญหา			
ง่าย	2	70 %	140
ปานกลาง	5	50 %	250
ยาก	4	30 %	120
รวม	250		18,810

จากข้อมูลดังกล่าวช่อง ลักษณะข้อสอบ จะแยกแยะมาจากตารางที่ใช้เป็นหลักในการพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังไว้ในตารางข้างต้น ซึ่งแยกเป็นข้อสอบจำเป็น ข้อสอบที่มีความสำคัญ โดยจำแนกย่อยเป็นข้อสอบง่าย ปานกลาง ข้อสอบที่ยอมรับที่ใช้ในการเรียน

โดยจำแนกย่อยเป็นข้อสอบง่าย ปานกลาง และยาก ข้อสอบที่ยังมีปัญหาว่าจำเป็นต้องเรียนหรือไม่ โดยจำแนกเป็นข้อสอบง่าย ปานกลาง และยากเช่นกัน

ส่วนช่องจำนวนข้อสอบนั้น เป็นตัวเลขที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนพิจารณาข้อสอบว่ามีลักษณะใดจำนวนกี่ข้อ รวมผู้เชี่ยวชาญ 5 คน แล้วจะมีจำนวนข้อสอบกี่ข้อ ดังเช่นลักษณะข้อสอบ ความจำเป็น ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาจากข้อสอบ 50 ข้อ ว่าเป็นข้อสอบที่มีความจำเป็นต่อการเรียน รวมทั้ง 5 คน พิจารณาแล้วมี 47 ข้อ เป็นต้น เมื่อรวมทุกลักษณะ และจากจำนวนข้อสอบ 50 ข้อ ก็จะมีข้อสอบรวมทั้งสิ้น 250 ข้อ

จากช่องความสำเร็จที่คาดหวังไว้ เป็นเปอร์เซ็นต์ที่คาดหวังไว้ว่านักเรียนควรจะทำให้ จำแนกตามลักษณะข้อสอบจากตารางของอibelข้างต้น สำหรับช่องสุดท้ายนั้นจะเป็นผลมาจากการ เอาช่องจำนวนข้อคูณกับช่องความสำเร็จ ที่คาดหวังไว้ แล้วรวมตัวเลขของช่องนี้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18,810 จากนั้นจึงคำนวณหาคะแนนจุดตัด

$$\text{คะแนนจุดตัด} = \frac{\text{ผลรวมทั้งหมดของผลคูณระหว่างจำนวนข้อกับความสำเร็จที่คาดหวังไว้}}{\text{ผลรวมจำนวนข้อของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด}}$$

$$\text{แทนค่าคะแนนจุดตัด} = \frac{18810}{250}$$

$$= 75.24$$

แบบทดสอบ 50 ข้อ มีจุดตัด 75% ดังนั้น ถ้าข้อสอบมี 100 ข้อ ต้องทำถูกต้อง 7 ข้อ และถ้าข้อสอบมี 50 ข้อ ต้องทำถูกต้องอย่างน้อย $\frac{75 \times 50}{100} = 37.5$ ข้อ

แสดงว่า คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบฉบับนี้ เท่ากับ 37.5 คะแนน หรือเท่ากับ 38 คะแนน (กรณีทำถูกต้อง 1 คะแนน ทำผิดได้ 0 คะแนน ในแต่ละข้อ)

4. วิธีของ Hambleton เป็นวิธีกำหนดคะแนนจุดตัดหรือเกณฑ์เพื่อใช้ในการแปลผลการปฏิบัติของผู้เรียนว่าได้เรียนรู้ หรือมีความสามารถตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ โดยทั่วไปจะใช้ระดับ 80 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของข้อสอบทั้งหมดเป็นเกณฑ์พิจารณาถ้าผู้เรียนทำข้อสอบ ได้ถูกต้องถึงระดับนี้แล้วก็จะถือว่าผู้ได้เรียนรู้แล้ว สำหรับวิชาที่เกี่ยวกับพฤติกรรมในการสร้างสรรค์ หรือการแก้ปัญหาใหม่ ๆ อาจจะต้องใช้วิธีที่ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันกำหนดเกณฑ์

การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีเชิงประจักษ์

การกำหนดจุดตัดวิธีนี้อาศัยผลการสอบมาใช้ประกอบการพิจารณาตัดสินคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี บางวิธีจะใช้การนิยามความรู้ด้วยคะแนนสอบหรือคะแนนดิบเช่น วิธีทฤษฎีการตัดสินใจ (Decision-theoretic approach) ของ แกลสส์ (Glass), วิธีการของ

Berk วิธีของ Huynh, วิธีของ Krie-wall วิธีหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดาตอบและการสุ่มข้อสอบ (Errors dus to guessing and item sampling) ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีทฤษฎีการตัดสินใจของ Glass และวิธีการของ Berk ดังต่อไปนี้

1. วิธีทฤษฎีการตัดสินใจของ Glass

วิธีนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดโดย Glass เป็นวิธีการที่แบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่มโดยอาศัยเกณฑ์ภายนอกซึ่งอาจจะเป็นผลการเรียน โดยปกติของนักเรียน หรือผลสำเร็จในการทำงาน แล้วแบ่งเป็นกลุ่มผู้ผ่านเกณฑ์ภายนอก (Pass) และกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก (Fail) ในแต่ละกลุ่มเมื่อทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์ที่ต้องการหาคะแนนจุดตัดนั้นแล้วมีจำนวนคนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นในแต่ละจุดของคะแนนเกณฑ์เท่าไร ดังนี้

เกณฑ์ภายนอก

คะแนนเกณฑ์ที่กำหนด	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
คะแนนเกณฑ์ที่กำหนด	ผ่าน	P_A	P_B
		P_C	P_D

ซึ่งสามารถหาคะแนนจุดตัดในการวินิจฉัยข้อบกพร่องในการทำแบบสอบโดยคำนวณได้จากสูตร

$$f(C_x) = \frac{P_A + P_D}{P_B + P_C}$$

เมื่อ $f(C_x)$	แทน	ฟังก์ชันของคะแนนจุดตัด
P_A	แทน	สัดส่วนของนักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์ แต่ผ่านเกณฑ์ภายนอก (False negative)
P_D	แทน	สัดส่วนของนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์ แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก (False positive)
P_B	แทน	สัดส่วนของนักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์ และเกณฑ์ภายนอก
P_C	แทน	สัดส่วนของนักเรียนที่สอบผ่านทั้งเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์ และเกณฑ์ภายนอก

ในการคำนวณคะแนนจุดตัดด้วยสมการดังกล่าวต้องยอมรับว่าโอกาสที่จะจำแนกผู้สอบผิดทางลบ (False negative: α) กับจำแนกผู้สอบผิดทางบวก (False positive: β) มีค่าเท่ากัน ถ้าพิสูจน์ได้ว่าโอกาสที่จำแนกผิดทางลบและทางบวกมีค่าไม่เท่ากันแล้ว จะต้องคำนวณคะแนนจุดตัดจากค่าฟังก์ชันที่ปรับแก้แล้วในสูตร ดังนี้

$$f(C_x) = \frac{\alpha P_A + \beta P_D}{P_B + P_C}$$

โดยกำหนดให้ค่าโอกาสที่จำแนกผิดทางลบ คือ α และโอกาสที่จำแนกผิดทางบวก คือ β มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และจะมีค่าเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับผู้ประเมินผลการสอบ จะต้องคำนึงถึงความสำคัญสองประการนี้คือ

1. นักเรียนสอบผ่านเกณฑ์ แบบทดสอบอิงเกณฑ์ แต่สอบไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก หรือสอบตกหรือเรียนไม่สำเร็จควรให้ความสำคัญเท่าไรเป็นตัวกำหนด α
2. นักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์ของแบบทดสอบ แต่สามารถสอบผ่านเกณฑ์ภายนอก หรือสามารถเรียนสำเร็จควรให้ความสำคัญเท่าไรเป็นตัวกำหนด β

โดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติการคำนวณหาคะแนนจุดตัดโดยวิธีทฤษฎีการตัดสินใจนี้ มักจะกำหนดให้ค่าจำแนกผิดทางลบ (α) กับการจำแนกผิดทางบวก (β) มีค่าเท่ากัน

2. วิธีการของ BerkBerk ได้หาคะแนนจุดตัด โดยประยุกต์มาจากวิธีการเพิ่มคะแนนเกณฑ์อื่น ๆ ซึ่ง Berk กล่าวว่า การกำหนดเกณฑ์คือการกำหนดจุดตัดของคะแนน ที่แบ่งผู้เรียนออกเป็นสองพวก คือ พวกที่ได้รับการสอนให้เป็นพวกที่รอบรู้ (Master) พวกที่ไม่ได้รับการสอนเป็นพวกไม่รอบรู้ (Non-master) หลังจากให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบแล้วพิจารณาการกระทำของคะแนนสองกลุ่มจะคาบเกี่ยวกัน จุดที่ฟังก์ชันทั้งสองตัดกัน คือ คะแนนพยากรณ์ที่จะแบ่งการเรียนรู้เป็นผู้รอบรู้เป็นสี่พวกดังนี้

การจำแนกเกณฑ์

คะแนนพยากรณ์	รอบรู้	รอบรู้จริง (TM)	รอบรู้ไม่จริง (FM)
	ไม่รอบรู้	ไม่รอบรู้ไม่จริง (FM)	ไม่รอบรู้จริง (TM)

คะแนนจุดตัดนี้เป็นคะแนนพยากรณ์ นำมาหาค่าคะแนนเกณฑ์ที่ให้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจถูกต้อง คือ ค่า $P(TM) + P(TN)$ สูงสุด หรือให้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจผิด คือ ค่า $P(FM) + P(FN)$ ต่ำสุด ณ จุดคะแนนนั้นจะเป็นคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุด

ในการหาจะเลื่อนค่าคะแนนพยากรณ์ ไปเรื่อย ๆ จุดคะแนนหนึ่งที่มีค่า $P(TM) + P(TN)$ สูงสุดและค่า $P(FM) + P(FN)$ ต่ำสุดเป็นคะแนนจุดตัดที่เหมาะสม

เมื่อ

$$P(TM) = \frac{TM}{M+N}$$

$$P(TN) = \frac{TN}{M+N}$$

$$P(FM) = \frac{FM}{M+N}$$

$$P(FN) = \frac{FN}{M+N}$$

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ยังไม่ได้เรียน

M แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่เรียนแล้ว

คะแนนจุดตัดแต่ละคะแนนที่หาออกมาได้สามารถตรวจสอบความเที่ยงตรง โดยใช้สัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของเกณฑ์ เพื่อเลือกค่าสัมประสิทธิ์ที่สูงที่สุดของความน่าจะเป็นในการตัดสินถูกของแต่ละคะแนนจุดตัดมาเป็นคะแนนเกณฑ์ สูตรการหาความเที่ยงตรงของเกณฑ์ได้จากสูตร ดังนี้

$$\phi_{vc} = \frac{P(TM) - BR(SR)}{\sqrt{BR(1-BR)SR(1-SR)}}$$

เมื่อ ϕ_{vc} แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์

BR แทน ค่าความน่าจะเป็นของผู้รอบรู้ในประชากร $= P(FN) + P(TM)$

SR แทน ค่าความน่าจะเป็นของการพยากรณ์ผู้รอบรู้ในประชากร
 $= P(FM) + P(TM)$

การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีแบบผสม (Combination methods) วิธีนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดที่มีทั้งวิธีพิจารณาดุลยพินิจและเชิงประจักษ์ (Judgment-empirical) ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น วิธีกลุ่มตรงข้าม (Contrasting groups) ของ Zieky and Novick เป็นต้น

วิธีกำหนดคะแนนจุดตัดนั้นมีหลายวิธี อยู่ที่ดุลยพินิจของผู้วิจัยว่ามีความสะดวกและความถูกต้องในการเก็บข้อมูลมากน้อยเพียงใด ก็ใช้วิธีนั้นหาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบในการวิจัยประโยชน์ของการกำหนดจุดตัดของคะแนน

1. เป็นการควบคุมมาตรฐานของการเรียนการสอนให้เป็นไปตามหลักสูตรอย่างแท้จริง คือ ช่วยให้เราสามารถแยกการเรียนรู้ของเด็กได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ผู้รอบรู้ (Master) และ ผู้ไม่รอบรู้ (None master)

2. ช่วยให้เราสามารถตรวจสอบได้ว่าเด็กคนใดมีความสามารถขั้นต้น (Prerequisite) ครบถ้วน และสามารถเรียนต่อไปได้ตามลำดับขั้นการเรียนรู้

3. ใช้แยกผู้เรียนออกเป็นประเภทย่อย ๆ ตามระดับปริมาณและคุณภาพของการเรียนรู้ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกวิธีของ Angoff มาใช้กำหนดคะแนนจุดตัด

จากการศึกษา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้เลือกใช้ การหาคะแนนจุดตัดของ Angoff ซึ่งเป็นการกำหนดจุดที่เป็นเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์โดยพิจารณาจากคะแนนที่เป็นคะแนนขั้นต่ำของการผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในเนื้อหาของแบบทดสอบ วิจัยยัมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานเพื่อเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาว่านักเรียนจะผ่านหรือไม่ผ่านในจุดประสงค์การเรียนรู้นั้น ในการวิจัยนี้มีการคำนวณหาจุดคะแนนที่แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้

4. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability)

ลัว่น สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 209) ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หมายถึง ความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการสอบนักเรียนคนเดียวกันหลายครั้งในแบบทดสอบ ชุดเดิม ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความเชื่อมั่นอิงกลุ่ม (Reliability of norm-referenced test) กับความเชื่อมั่นอิงเกณฑ์ (Reliability of criterion-referenced test) หมายถึง ผลของคะแนนสอบที่มีความคงที่ในการเป็นผู้รอบรู้หรือไม่รอบรู้ในเรื่องที่สอบ ในการวิจัยครั้งนี้หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามแนวอิงเกณฑ์ ซึ่งมีวิธีหาอยู่หลายวิธี ดังนี้

1. ความเชื่อมั่นแบบหาความคงที่ของความถี่ (Stability reliability) เป็นการคำนวณหาความเชื่อมั่น โดยการนำแบบทดสอบอิงเกณฑ์มาทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาจากการสอบ 2 ครั้ง มาหาความคงที่ของการรอบรู้ และไม่รอบรู้ที่ได้จากการกำหนดคะแนนจุดตัดที่เหมาะสม และการหาความคงที่ชนิดนี้ ชรอก และ คอสแคร์ลี (Shrock & Coscarelli) ได้เสนอให้คำนวณจากสูตร ดังนี้ (ลัว่น สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 232)

$$O = \frac{AD - BC}{\sqrt{(A+B)(C+D)(A+C)(B+D)}}$$

เมื่อ A แทน จำนวนผู้สอบผ่านก่อนเรียนและหลังเรียน

B แทน จำนวนผู้สอบผ่านหลังเรียน

C แทน จำนวนผู้สอบผ่านก่อนเรียนและสอบไม่ผ่านหลังเรียน

D แทน จำนวนผู้สอบไม่ผ่านก่อนเรียนและหลังเรียน

2. ความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องในการตัดสินใจ (Decision consistency reliability)

เป็นการหาความสอดคล้องระหว่างการสอบ 2 ครั้ง จากแบบทดสอบฉบับเดียว หรือแบบทดสอบที่คู่ขนานกัน 2 ฉบับ โดยใช้สูตรของ คาร์เวอร์ (Carver, 1970) แฮมเบิลตัน และ โนวิก

(Hambleton & Novick, 1973) ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Agreement coefficient) ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 233)

$$\text{วิธีที่ 1} \quad P = \frac{A+D}{N}$$

เมื่อ P แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง

A แทน จำนวนผู้ที่ผ่านเกณฑ์จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

D แทน จำนวนผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง

ในกรณีที่คำนวณจากผลการรอบรู้ และไม่รอบรู้จากแบบทดสอบ 2 ฉบับ นั้น แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับนี้ จะต้องคู่ขนานกันแล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกัน แฮมเบิลตัน และ โนวิก ได้เสนอสูตรหาค่าความสอดคล้อง ดังนี้

$$\text{วิธีที่ 2} \quad \hat{P} = \hat{P}_{11} + \hat{P}_{00}$$

เมื่อ \hat{P} แทน สัดส่วนของความสอดคล้องในการตัดสินใจเพื่อจำแนกผู้รอบรู้

\hat{P}_{11} แทน สัดส่วนของผู้ถูกตัดสินว่ารอบรู้ตรงกันทั้งสองฉบับหรือสองครั้ง

\hat{P}_{00} แทน สัดส่วนของผู้ถูกตัดสินว่าไม่รอบรู้ตรงกันทั้งสองฉบับหรือสองครั้ง

วิธีที่ 3 วิธีของสวามินาธาน, แฮมเบิลตัน และอัลจินา (Swaminathan, Hambleton & Algina, 1974) ได้เสนอใช้สูตรแคปปา (Kappa) ของ โคเฮน (Cohen, 1960) ในการคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 235) ดังนี้

$$K = \frac{P - P_c}{1 - P_c}$$

เมื่อ K แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

P แทน สัดส่วนของความสอดคล้องในการตัดสินใจความรอบรู้ที่ได้จากการสอบซ้ำ หรือการทดสอบ 2 ครั้ง

P_c แทน สัดส่วนของความสอดคล้องที่คาดหวังโดยโอกาสที่จะเกิดขึ้นตามทฤษฎี

3. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว การหาค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดสอบเพียงครั้งเดียวมีวิธีหาหลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

วิธีที่ 1 ความเชื่อมั่นจากสูตรของลิวิงสตัน (Livingston, 1972) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 236)

$$r_{cc} = \frac{\sigma^2(KR.20) + (\mu - KC)^2}{\sigma^2 + (\mu - KC)^2}$$

- เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
 σ^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
 K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
 C แทน สัดส่วนของเกณฑ์ที่ผ่าน
 μ แทน คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
 KR-20 แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่หาจากสูตร KR-20

วิธีที่ 2 ความเชื่อมั่นจากสูตรไบนอมิอัล (Binomial formula) ของ โลเวทท์ (Lovett, 1978) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 238)

$$r_{cc} = \frac{K \sum X_i - \sum X_i^2}{\{(K-1) + \sum (X_i - C)^2\}}$$

- เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
 K แทน จำนวนข้อสอบ
 $\sum X_i$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 $\sum X_i^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
 X_i แทน คะแนนของนักเรียนแต่ละคน
 C แทน คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

วิธีที่ 3 ความเชื่อมั่นโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน โลเวทท์ (Lovett, 1978) ได้เสนอสูตรที่ใช้แนวความคิดของ ฮอยท์ (Hoyt, 1941) หาความเชื่อมั่น ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 239)

$$r_{cc} = 1 - \frac{MS_E}{MS_P}$$

- เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นตามวิธีของฮอยท์
 SS_b แทน คะแนนความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error)
 SS_w แทน คะแนนความแปรปรวนระหว่างคน (Between people)

วิธีที่ 4 ความเชื่อมั่น โดยวิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ วิธีนี้จะหาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร สเปียร์แมนบราวน์ (Spearman-Brown) แล้วใช้สูตรปรับแก้ของ แองกอฟฟ์ (Angoff, 1953) ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 243)

$$r_{cc} = \frac{r_{12}\sigma^2}{(\sigma_1 + r_{12}\sigma_2)(\sigma_2 + r_{12}\sigma_1)}$$

- เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 σ แทน คະแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ
 σ_1 แทน ความเบี่ยงเบนของข้อสอบข้อคู่
 σ_2 แทน ความเบี่ยงเบนของข้อสอบข้อคี่
 r_{12} แทน สหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบข้อคู่กับข้อคี่

วิธีที่ 5 การหาค่าความเชื่อมั่น โดยสูตรของ แฮร์ริส (Harris, 1972) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 243) ดังนี้

$$r_{cc} = \frac{SS_b}{SS_b + SS_w}$$

- เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 SS_b แทน ผลรวมกำลังสองระหว่างกลุ่ม
 SS_w แทน ผลรวมกำลังสองภายในกลุ่ม

4. ความเชื่อมั่นที่คำนึงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ที่คำนึงถึงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้น ราชู (Raju, 1982) ได้เสนอสูตรคอนเจนเนอริก (Congeneric) ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 244)

$$r_{cc} = \frac{\sigma^2 + (\mu - C)^2 - \Sigma[\sigma_i^2 + (\mu - C)^2]}{[\sigma^2 + (\mu - C)^2][1 - \Sigma\lambda_i^2]}$$

- เมื่อ σ แทน ความแปรปรวนของทั้งฉบับ
 μ แทน คະแนนเฉลี่ยทั้งฉบับ
 λ_i แทน $\frac{K_i}{\Sigma K_i}$ เมื่อ K_i จำนวนข้อสอบในแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 C แทน คະแนนจุดตัดของแต่ละจุดประสงค์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณหา ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว โดยสูตรของ ลิวิงสตัน (Livingston, 1972)

6. รูปแบบของแบบทดสอบวินิจฉัย

แบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ ดังนี้

Schaffer (2013, pp. 21-23) ได้กล่าวถึง แบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้นว่า แบบทดสอบ วินิจฉัยชั้นเดียวมักมีลักษณะของแบบทดสอบเป็นข้อสอบปรนัย ซึ่งต่างจากแบบทดสอบวินิจฉัย สองชั้นที่นักเรียนจะต้องเลือกเหตุผลในการตอบด้วย ว่าเพราะเหตุใดถึงเลือกคำตอบข้อนั้น แบบทดสอบวินิจฉัยแตกต่างจากข้อสอบปรนัยที่ใช้ในการสอบในห้องเรียนโดยทั่วไป โดยที่ แบบทดสอบวินิจฉัยนั้นได้ผ่านการวิจัย การพัฒนา หามโนทัศน์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และนำมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมาเป็นตัวลงในแบบทดสอบวินิจฉัย ดังนั้น การระบุระดับความเข้าใจ ของนักเรียน และการให้เหตุผลว่า เหตุใดถึงเลือกคำตอบนั้นจะช่วยให้ผู้วินิจฉัยรู้ระดับ ความเข้าใจของนักเรียน เพราะบางครั้งนักเรียนอาจจะรู้คำตอบที่ถูกต้องแต่เป็นไปได้นักเรียน อาจเข้าใจเนื้อหาไม่ได้ไม่สมบูรณ์

Milenkovic et al. (2016, p. 1515) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นเป็นที่ นิยมและแพร่หลายมาก ในส่วนแรกของแบบทดสอบจะเป็นประเด็นคำถามที่เป็นปัญหา ส่วนที่สอง จะเป็นเหตุผลในการอธิบายปัญหาในส่วนแรก ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยนี้แตกต่างจากข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ 1 ใน 4 เป็นคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งความน่าจะเป็นในการคาดเดาคำตอบ ที่ถูกต้อง คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในแบบวินิจฉัยแบบสองชั้น การคาดเดาคำตอบที่ถูกต้อง จะลดลงอย่างมี นัยสำคัญ ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นไม่เพียงแต่ช่วยในการค้นหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเท่านั้น แต่ยังช่วยค้นหาเหตุของความเข้าใจผิดนั้นด้วย นอกจากนี้ แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นยังเหมาะสมสำหรับการวินิจฉัยนักเรียนจำนวนมาก เพราะมี รูปแบบการใช้งานที่ง่าย และใช้เวลาไม่มากในการวินิจฉัย

Kutluay (2005, p. 14) ได้กล่าวถึง แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นว่าจะเป็นการเลือก คำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลในการตอบในชั้นที่สอง โครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัย สองชั้น ไว้ดังนี้ ชั้นที่หนึ่งเป็นเนื้อหาที่ประกอบไปด้วยคำถาม 3-4 ตัวเลือก ชั้นที่สอง ประกอบ ไปด้วยเหตุผล 4 ตัวเลือก ที่เป็นเหตุผลในการตอบในชั้นแรก โดยจะมีเหตุผลในการตอบชั้นแรก ที่ถูกต้องอยู่ 1 ตัวเลือก และเหลืออีก 3 ตัวเลือกนั้น เป็นตัวลวง และในชั้นที่สองนี้ สามารถเว้น

ช่องว่างให้นักเรียนเขียนเหตุผลของตนเองที่ใช้ในการตอบชั้นแรก หากในตัวเลือกรู้สึกไม่มีเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการตอบ

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้น ประกอบด้วย โครงสร้างของแบบทดสอบสองชั้น โดยชั้นที่หนึ่งเป็นเนื้อหาที่ประกอบไปด้วยคำถาม 3-4 ตัวเลือก ชั้นที่สอง ประกอบไปด้วยเหตุผล 4 ตัวเลือก ที่เป็นเหตุผลในการตอบในชั้นแรก โดยจะมีเหตุผลในการตอบชั้นแรก กล่าวคือจะประกอบไปด้วยประเด็นที่เป็นปัญหา คำตอบ และเหตุผลในการสนับสนุนคำตอบของปัญหานั้น

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น

ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้น ที่ใช้ค้นหาทัศนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนว่ามีความบกพร่องหรือความเข้าใจในมโนทัศน์ด้านใด ได้มีนักการศึกษาได้เสนอแนวทางและวิธีการสร้างแบบทดสอบเพื่อวินิจฉัยสองชั้นไว้ดังนี้

Turker (2005, pp. 26-28) แบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น คำถามส่วนแรกจะมีตัวเลือก 2-3 ตัวเลือก ส่วนที่สองจะเป็นเหตุผลที่ตอบในคำตอบส่วนแรกจะมีตัวเลือก 4-5 ตัวเลือก การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้นมีวิธีการสร้าง ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตเนื้อหาที่ต้องการวินิจฉัย
2. สรุวมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนโดยใช้แบบสอบถามปลายเปิด
3. วิเคราะห์คำตอบของนักเรียน และสัมภาษณ์นักเรียนบางคนเพื่อความชัดเจน
4. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น จากคำตอบที่นักเรียนส่วนมากตอบผิดจาก

แบบสำรวจมโนทัศน์

Kutluay (2005, p. 15) ได้สรุปวิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้นไว้ ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตเนื้อหา
2. ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
3. หามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยการสัมภาษณ์
4. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบปรนัย และเว้นที่ว่างให้นักเรียนเขียนแสดงเหตุผล

ในการตอบ

5. ทดลองให้แบบทดสอบที่สร้างขึ้น
6. แก้ไขแบบทดสอบจากการทดลองใช้
7. ตรวจสอบความถูกต้องครั้งสุดท้าย
8. นำแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นไปใช้

ข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น

แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้น ถึงแม้จะมีประโยชน์มากในการช่วยวินิจฉัย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แต่ได้มีนักการศึกษาหลายคนได้กล่าวถึงข้อจำกัดของแบบทดสอบ วินิจฉัยสองชั้นไว้ดังนี้

Milenkovic et al. (2016, p. 1515) แบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้นแม้จะมีข้อดีอยู่มาก แต่ยังมีข้อจำกัด คือ ในการวินิจฉัยของแบบทดสอบสองชั้นนั้น ไม่สามารถแยกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจผิด หรือนักเรียนยังขาดความรู้ในเรื่องนั้น รวมไปถึงการตอบถูกเพราะความเข้าใจ หรือตอบถูกเพราะการคาดเดา

Gurel, Eryilmaz and McDermott (2015, pp. 996-997) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้นก็ยังมีข้อจำกัดในการแยกนักเรียนที่ขาดความรู้ออกจากนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้แบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญในการช่วยตรวจสอบว่าคำตอบในสองชั้นแรกเกิดจากนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือเกิดจากการขาดความรู้ของนักเรียน

Kirbulut and Geban (2014, p. 510) การทดสอบสองชั้นของแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น แม้จะช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้แบบทดสอบปรนัย แต่ก็ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างความเข้าใจผิดจากการขาดความรู้ กับความผิดพลาดจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน การทดสอบสามชั้นจะช่วยแก้ไขปัญหาคำจำกัดนี้ได้ โดยการเพิ่มชั้นพิเศษที่สามที่ต้องให้นักเรียนระบุว่า นักเรียนแน่ใจเกี่ยวกับคำตอบของในชั้นที่หนึ่งและสองหรือไม่

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น ช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้แบบทดสอบปรนัย แต่ก็ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างความเข้าใจผิดจากการขาดความรู้ รวมไปถึงการตอบถูกเพราะความเข้าใจ หรือตอบถูกเพราะการคาดเดา

แบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น

ในการค้นหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยนั้น ได้มีนักศึกษากล่าวถึงแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น ไว้ดังนี้

Eryilmaz and Sürmeli (2002) ได้พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น เรื่อง ความร้อนและอุณหภูมิ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้กล่าววามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมาจากแนวคิด ประสบการณ์เดิมที่ขัดแย้งกับความจริงทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นความผิดพลาดจากการตีความ แต่ทั้งหมดของความผิดพลาดก็อาจไม่ใช่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพราะว่าบางข้อผิดพลาดเกิดจากประสบการณ์เดิม ซึ่งไม่ได้เกิดจากการขาดความรู้ ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยแบบปรนัยไม่สามารถที่จะวินิจฉัยได้ ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น

จึงมีความสำคัญมากในการวินิจฉัย การวินิจฉัยขั้นแรก เป็นแบบทดสอบปรนัย ชั้นที่สองเป็นการเลือกเหตุผลในการตอบขั้นที่หนึ่ง และสุดท้ายการวินิจฉัยขั้นที่สาม เป็นการแสดงความมั่นใจในการตอบขั้นที่หนึ่งและขั้นที่สอง

Türker (2005, pp. 26-28) แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น ในแบบทดสอบวินิจฉัยนี้จะเพิ่มระดับความมั่นใจในการตอบในการทดสอบสองชั้นแรก การเพิ่มระดับความมั่นใจในการตอบนี้จะช่วยให้ผู้วินิจฉัยเห็นถึงความเชื่อมั่นในแนวคิดของนักเรียน และจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงการเรียนการสอนของครูผู้สอนด้วย หากนักเรียนมีระดับความเชื่อมั่นสูงในแนวคิดที่ผิด ก็เป็นสิ่งที่ยากสำหรับครูผู้สอนที่จะปรับเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียน ซึ่งตรงข้ามกับหากนักเรียนมีระดับความเชื่อมั่นต่ำในแนวคิดที่ผิด ก็ง่ายที่จะเปลี่ยนแนวคิดที่ผิดของนักเรียนให้ถูกต้อง

Milenkovic et al. (2016, p. 1515) แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น ในแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นจะเป็นการให้ความมั่นใจในคำตอบของนักเรียน กล่าวคือ ถ้านักเรียนตอบถูกในสองชั้นแรก และแสดงความมั่นใจในการตอบในชั้นที่สาม นั้นความหมายว่า นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับมโนทัศน์นั้น แต่ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบในชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง ก็สามารถสรุปได้ว่าคำตอบที่ถูกต้องนั้นมาจากการคาดเดา ในทางกลับกันถ้านักเรียนตอบผิดในชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง หรือตอบถูกเพียงแค่ชั้นเดียว แต่นักเรียนแสดงว่ามั่นใจในชั้นที่สาม นั้นหมายความว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในมโนทัศน์นั้น อีกประการหนึ่งคำตอบที่ผิดนั้นอาจส่งผลมาจากการขาดความรู้ของนักเรียน แบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้นนี้จะช่วยลดจำนวนของนักเรียนที่ถูกระบุว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เช่นเดียวกับนักเรียนที่ถูกระบุว่าขาดความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นจะเพิ่มระดับความมั่นใจในการตอบในการทดสอบสองชั้นแรกนั้นความหมายว่า นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับมโนทัศน์นั้น แต่ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบในชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง ก็สามารถสรุปได้ว่าคำตอบที่ถูกต้องนั้นมาจากการคาดเดา ในทางกลับกันถ้านักเรียนตอบผิดในชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง หรือตอบถูกเพียงแค่ชั้นเดียว แต่นักเรียนแสดงว่ามั่นใจในชั้นที่สาม นั้นหมายความว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในมโนทัศน์นั้น

โครงสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงโครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้นไว้ ดังนี้

Pesman and Eryilmaz (2010, pp. 208-222) ได้กล่าวถึง โครงสร้างของแบบทดสอบสามชั้นไว้ ดังนี้

1. ชั้นที่หนึ่ง ส่วนของคำถามและตัวเลือกตอบ เป็นเหมือนการทดสอบแบบดั้งเดิม มีคำถาม และตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ อาจมีรูปภาพประกอบด้วยก็ได้
2. ชั้นที่สองเป็นส่วนของเหตุผล ซึ่งมีหลายตัวเลือกให้นักเรียนเลือกเหตุผลในการตอบ ในชั้นที่หนึ่ง หนึ่งในตัวเลือกจะเป็นเหตุผลที่ถูกต้องสำหรับเหตุผลในการตอบชั้นที่หนึ่ง
3. ชั้นที่สามเป็นส่วนของระดับความมั่นใจในการตอบ นักเรียนสามารถตอบว่ามั่นใจ หรือไม่มั่นใจ ในการตอบคำถามในชั้นที่หนึ่งและสอง

Buzzo and Montecinos (2014, p. 5) ได้กล่าวถึง โครงสร้างแบบทดสอบสามชั้นว่า

1. คำถามและตัวเลือกคำตอบ ทำตามแบบทดสอบแบบดั้งเดิม มีคำถาม มีรูปภาพ ประกอบ และมีตัวเลือกตอบ ในการสร้างตัวเลือกควรสร้างจากมโนทัศน์หรือแนวความคิดผิด ของนักเรียนที่ได้จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. เหตุผลในการตอบ ในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการให้เหตุผล แนวคิด หรือตรรกะ ในการตอบคำถามในชั้นแรก of นักเรียน
3. ความเชื่อมั่น นักเรียนจะต้องเลือกความเชื่อมั่นในการตอบคำถามของตนเอง ระหว่าง มั่นใจมาก มั่นใจ และ ไม่มั่นใจ

Kirbulut and Geban (2014, p. 512) ได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น โดยมีโครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น ดังนี้

1. ชั้นแรก ประกอบด้วย คำถามแบบปรนัย มีตัวเลือก 3-4 ตัวเลือก
2. ชั้นที่สอง ประกอบด้วย เหตุผลที่ถูกต้องสำหรับคำตอบชั้นแรก และเหตุผลที่เป็น ตัวลวงซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์ แลแบบสอบถามปลายเปิด และมีพื้นที่วางไว้สำหรับนักเรียนที่มี เหตุผลอื่นนอกเหนือจากตัวเลือกที่กำหนดให้
3. ชั้นที่สาม นักเรียนต้องระบุความมั่นใจในการตอบคำถามในสองชั้นแรก

Milenkovic et al. (2016, p. 1516) ได้กล่าวถึง โครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัย และการให้คะแนนในแต่ละชั้นไว้ ดังนี้

1. ชั้นแรก เป็นคำถามปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น ในขณะที่สามคำตอบที่เหลือเป็นตัวลวง
2. ชั้นที่สอง จะมีคำตอบ 4 คำตอบ สำหรับเหตุผลในการตอบชั้นแรก และมีเพียงคำตอบ เดียวที่เป็นคำตอบที่เป็นเหตุผลที่ถูกต้อง และตัวลวงที่เหลือจะเป็นคำอธิบายของตัวลวงในชั้นแรก
3. ชั้นที่สาม เป็นคำถามที่แสดงความมั่นใจในการตอบมั่นใจ ไม่มั่นใจ สำหรับการให้ คะแนนในแต่ละชั้น Milenkovic et al. ได้มีเกณฑ์สำหรับให้คะแนน ดังนี้

คะแนนชั้นแรก ตอบถูก ได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนน
 คะแนนชั้นที่สอง ตอบถูก ได้ 1 คะแนน ตอบผิด ได้ 0 คะแนน
 คะแนนชั้นที่สาม ตอบมั่นใจ ได้ 1 คะแนน ตอบไม่ มั่นใจ ได้ 0 คะแนน +
 คะแนนชั้นแรกและชั้นที่สอง ตอบถูกทั้งสองชั้น ได้ 1 คะแนน ตอบผิดชั้นใดชั้นหนึ่ง
 หรือผิดทั้งสองชั้น ได้ 0 คะแนน

คะแนนทั้งสามชั้น ตอบถูกในชั้นแรกและชั้นที่สอง และในชั้นที่สามตอบ มั่นใจได้ 1
 คะแนน นอกจากนั้น ได้ 0 คะแนน

จากการคิดคะแนนที่นักเรียนได้ในแต่ละข้อ ถ้านักเรียนตอบถูกในชั้นแรกและชั้นที่สอง
 และในชั้นที่สามนักเรียนตอบมั่นใจ สรุปได้ว่า นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ในเรื่องนั้น
 ถูกต้อง ถ้านักเรียนตอบถูกในชั้นแรก แต่ตอบผิดในชั้นที่สอง และตอบมั่นใจในชั้นที่สาม
 จะสันนิษฐานว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มีความเข้าใจผิดทางบวก ในขณะเดียวกัน
 เมื่อนักเรียนตอบผิดในชั้นแรก แต่ตอบถูกมีเหตุผลที่ถูกต้องในชั้นที่สอง และตอบมั่นใจ ในชั้นที่
 สาม นักเรียนอาจมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และมีความเข้าใจผิดทางลบ เราจะสามารถวินิจฉัยได้ว่า
 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาด ถ้าชั้นแรกและชั้นที่สองนักเรียนตอบผิด และในชั้นที่สามนักเรียนตอบ
 ว่ามั่นใจ และเป็นไปได้สำหรับนักเรียนที่ตอบสองชั้นแรกถูก แต่ไม่มั่นใจในชั้นที่สามว่าส่วนใหญ่
 มาจากการคาดเดา หรือมาจากการขาดความมั่นใจ แต่สำหรับแนวการตอบ ถูกต้อง-ไม่ถูกต้อง
 ไม่มั่นใจ, ไม่ถูกต้อง-ถูกต้อง-ไม่มั่นใจ, ไม่ถูกต้อง-ไม่ถูกต้อง-ไม่มั่นใจ นั้นบ่งบอกว่านักเรียน
 ขาดความรู้

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่า โครงสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย
 สามชั้น ประกอบไปด้วย 3 ชั้น ชั้นที่หนึ่งคือส่วนของคำถามและตัวเลือกตอบ มีคำถามและตัวเลือก
 ให้นักเรียนเลือกตอบ ชั้นที่สองเป็นส่วนของเหตุผล ซึ่งมีหลายตัวเลือกให้นักเรียนเลือกเหตุผล
 ในการตอบในชั้นที่หนึ่ง หนึ่งในตัวเลือกจะเป็นเหตุผลที่ถูกต้องสำหรับเหตุผลในการตอบชั้นที่
 หนึ่ง และชั้นที่สาม เป็นส่วนของระดับความมั่นใจในการตอบ นักเรียนสามารถตอบว่ามั่นใจ
 หรือไม่มั่นใจ ในการตอบคำถามในชั้นที่หนึ่งและสอง

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้มีนักวิชาการ
 กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามไว้ ดังนี้

Treagust (1995, pp. 327-346) ระบุว่าขั้นตอนในการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น
 ว่า มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดเนื้อหา
2. สํารวม โททัศน์ของนักเรียน
3. พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัย

Kutluay (2005, p. 34) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนหลักในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น มีอยู่ 3 ขั้นตอน นั่นคือ

1. สัมภาษณ์
2. สร้างแบบสอบถามปลายเปิด
3. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น

Cetin, Dindar and Gebanc (2011, p. 600) ได้พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น เรื่อง กรด-เบส โดยเริ่มจากการศึกษาขอบเขตของเนื้อหา แล้วจึงเริ่มทำแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อตรวจสอบหาความเข้าใจผิด แล้วจึงนำมโนทัศน์ที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนที่ได้จากการ สัมภาษณ์ และจากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องไปสร้างเป็นแบบสอบถามปลายเปิด โดยใช้ ผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และขั้นตอนสุดท้าย คือ การสร้างแบบทดสอบ วินิจฉัยสามชั้น โดยการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบปลายเปิด แล้วนำมาทำเป็น คำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น โดยชั้นแรกเป็นคำถามปรนัย ชั้นที่สองเป็นเหตุผลที่ใช้ สนับสนุนการตอบชั้นแรก และชั้นที่สามเป็นชั้นที่ให้นักเรียนแสดงความมั่นใจในการตอบ เมื่อดำเนินการสร้างเสร็จแล้วจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาตรวจสอบความเที่ยงตรง เชิงเนื้อหาและตรวจสอบความสอดคล้องกันของแบบทดสอบชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง โดยผู้เชี่ยวชาญ หลังจากปรับแก้ไขตามผู้เชี่ยวชาญแล้ว จึงนำแบบทดสอบวินิจฉัยไปใช้

Schaffer (2013, pp. 48-23) ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนที่หนึ่ง การระบุเนื้อหา ขอบเขตของการวินิจฉัย
2. ขั้นตอนที่สอง ศึกษาวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวความคิดของ นักเรียน
3. ขั้นตอนที่สาม การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสรุปการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น ได้ดังนี้ กำหนดเนื้อหา สํารวม โททัศน์ของนักเรียน พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัย แบบทดสอบ วินิจฉัยสามชั้น ชั้นแรกเป็นคำถามปรนัย ชั้นที่สองเป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนการตอบชั้นแรก และชั้นที่สามเป็นชั้นที่ให้นักเรียนแสดงความมั่นใจในการตอบ

แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ขั้น

L Maharani et al. (2019, p. 65) การทดสอบการวินิจฉัยสี่ระดับ คือ การพัฒนาการวินิจฉัยหลายทางเลือกแบบทดสอบสามระดับการพัฒนาอยู่นอกเหนือจากระดับความเชื่อมั่นในการเลือกเหตุผล ระดับแรกเป็นคำถามปรนัยที่มีตัวลวงสามตัว และคีย์คำตอบเดียวที่เลือกโดยนักเรียน ระดับที่สอง คือ ระดับความมั่นใจของนักเรียนในการเลือกคำตอบ ระดับที่สาม คือ เหตุผลที่นักเรียนตอบคำถามในรูปแบบของเหตุผลสามแบบให้ และหนึ่งเหตุผลเป็นลายลักษณ์อักษร ระดับที่สี่ คือ ระดับความมั่นใจของนักเรียนในเลือกเหตุผล ข้อได้เปรียบที่ของทดสอบการวินิจฉัยสี่ระดับ คือ สามารถแยกระดับความมั่นใจในการตอบและระดับความเชื่อมั่นของเหตุผลที่เลือกโดยนักเรียนเพื่อให้พวกเขาสามารถมองลึกลงไปถึงจุดแข็งของความเข้าใจในแนวคิด การวินิจฉัยความเข้าใจผิดที่เกิดขึ้นจากผู้เข้าร่วมอย่างละเอียด การวางแผนการเรียนรู้ที่ดีขึ้นเพื่อช่วยลดนักเรียนความเข้าใจผิดการรวมกันของคำตอบสำหรับการทดสอบการวินิจฉัยสี่ระดับจะถูกนำเสนอการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการวินิจฉัยโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบสี่ขั้นซึ่งสามารถสรุปการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ขั้นได้ ดังนี้

1. กำหนดเนื้อหาและขอบเขตที่ต้องการวินิจฉัย โดยการศึกษาแบบเรียน คู่มือครู ตำรา เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและมโนทัศน์
2. สรุวมโนทัศน์ของนักเรียน โดยการสร้างแบบสรุวมโนทัศน์เป็นแบบทดสอบแบบเขียนแสดงคำตอบ พร้อมบอกเหตุผลประกอบการตอบ ทำการสัมภาษณ์นักเรียนและครูผู้สอนถึงมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน
3. นำมโนทัศน์ที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบมากในการสำรวจมาสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย โดยสร้างเป็นตัวลวงในข้อคำถาม

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

1. ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน นักการศึกษาคณิตศาสตร์ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ดังนี้

Allen (2007, p. 1) กล่าวถึง มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นความสัมพันธ์ทางความคิดซึ่งได้รับมาแต่อาจจะไม่เหมาะสมในบริบทบางอย่าง ความเข้าใจผิดนี้ไม่ได้อยู่อย่างอิสระแต่ขึ้นอยู่กับกรอบความคิดบางอย่างที่มีอยู่ และสามารถเปลี่ยนหรือหายไปเมื่อกรอบความคิดเปลี่ยน

Askew and William (1995, pp. 5-16) ได้กล่าวถึง มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า คือ การที่นักเรียนประยุกต์ใช้กฎทางคณิตศาสตร์บางกฎซึ่งมีการจำกัด โดเมนผิดอย่างเป็นระบบ

Chambers (2008, pp. 107-108) ได้กล่าวว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นความผิดพลาด ที่เป็นระบบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนก่อให้เกิดคำตอบที่ไม่ถูกต้องแต่ก็นำไปสู่คำตอบที่สามารถ อธิบายได้และสามารถเกิดขึ้นซ้ำจากกล่าวได้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นความเข้าใจ ทางคณิตศาสตร์ที่ผิด

Jordaan (2005, pp. 11-12) กล่าวถึง มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า เป็นการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น จากพื้นฐานความรู้ก่อนหน้าที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งไม่สามารถมองข้ามได้เนื่องจากมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนจะเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความเข้าใจที่ซับซ้อนของแนวคิดพื้นฐาน ทางคณิตศาสตร์ให้ดี

Riccomini (2005, pp. 233-242) ได้กล่าวถึง มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า มีลักษณะ ผิดพลาดในระบบความคิด

Swan (200, p. 154) กล่าวว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไม่ใช่ความคิดที่ผิดแต่เป็นความคิด รวบรวมในช่วงแรกเริ่มหรือทั่วไปที่นักเรียนได้สร้างขึ้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้วอยู่ในขั้นที่อาจจะ เป็นต้องพัฒนา

ไข่มุก เลื่องสุนทร (2552, หน้า 14) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า ความคิดสำคัญหรือความคิดรวบยอดที่แตกต่างไปจากความเป็นจริง และเป็นความคิดที่ต่างไปจาก แนวคิดที่ได้รับการยอมรับกันในสังคม อาจได้มาจากประสบการณ์ที่ไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจน ของ แต่ละบุคคลซึ่งวัดได้จากการทาแบบวัด

เวชฤทธิ์ อังกะนภัทรขจร (2546, หน้า 18) ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า เป็นความคิด ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ไม่สมบูรณ์ และแตกต่างไปจากความเป็นจริงที่ได้รับการ ยอมรับที่อาจจะมาจากประสบการณ์ที่ไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจน ของบุคคลแต่ละคน

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิด หรือความเข้าใจที่ผิดไปจากความเป็นจริงอย่างเป็นระบบ และเป็นการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจากพื้น ฐานความรู้ก่อนหน้าที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งอาจเกิดจากการรับรู้ จากประสบการณ์ที่ไม่ถูกต้อง หรือถูกต้องไม่หมด ไม่ชัดเจนของแต่ละบุคคล

2. ลักษณะการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552, หน้า 29-32) ได้กล่าวถึง เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ครูและนักเรียนมักมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยครอบคลุมลักษณะ ความคลาดเคลื่อนดังประเด็นต่อไปนี้

1. มโนทัศน์ที่ครูและนักเรียนมักเข้าใจคลาดเคลื่อนประเด็นนี้ครอบคลุมเนื้อหา คณิตศาสตร์ ทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม ข้อเท็จจริงและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่ครู มักเข้าใจคลาดเคลื่อน หรือครูอาจไม่ได้เข้าใจคลาดเคลื่อน แต่เมื่อสอนไปแล้วนักเรียนมีความเข้าใจ ที่คลาดเคลื่อนเอง เช่น เข้าใจว่า $\sqrt{\quad} = \quad$ ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้เครื่องหมาย igrณณ์ โดยครูส่วนใหญ่อาจไม่ได้เน้นในขณะสอนว่า เครื่องหมาย $\sqrt{\quad}$ ใช้แทนรากที่สองที่เป็นบวก ของ 4

2. การสื่อสาร การสื่อความหมายทางวิทยาศาสตร์ และการนำเสนอที่อาจทำให้เกิด ความเข้าใจคลาดเคลื่อน ลักษณะความคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร สื่อความหมายทางวิทยาศาสตร์และการนำเสนอที่ครูใช้และบางครั้งทำให้นักเรียนมีความเข้าใจ คลาดเคลื่อน ทั้งที่ครูอาจมีมโนอาจมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง แต่การสื่อสารกับนักเรียนไม่ชัดเจนพอ ทำให้เข้าใจบิดเบือน หรือไม่มีการสื่อความหมายที่ลึกซึ้งในทางวิทยาศาสตร์มากพอ ทำให้นักเรียน เข้าใจไม่ชัดเจนจนอาจกลายเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ในบางครั้ง

เวชฤทธิ์ อังกะนภัทรขจร (2546, หน้า 6) ได้จำแนกลักษณะของการเกิดมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนไว้ทั้งหมด 4 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ด้านการตีความจากโจทย์ หมายถึง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเปลี่ยนประโยคภาษา เป็นประโยคสัญลักษณ์ไม่ถูกต้อง นำข้อมูลที่ผิดหรือโจทย์ไม่กำหนดมาใช้ในการคำนวณ ไม่ใช่ ข้อมูลที่โจทย์กำหนด เขียนหรือแปลความหมายของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ หรือสิ่งที่โจทย์ให้หา ไม่ครบ เกิน ไม่ชัดเจนหรือผิดพลาด กำหนดตัวแปรแทนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้หรือสิ่งที่โจทย์ให้หา ผิด ไม่เข้าใจความหมายของตัวแปรที่โจทย์กำหนด หรือ นำข้อมูลที่โจทย์ กำหนดให้มาใช้ผิด

2. ด้านการใช้ทฤษฎีบท สูตร กฎ บทนิยาม และสมบัติหมายถึง ความคลาดเคลื่อนที่เกิด จากการจำทฤษฎีบท สูตร กฎ บทนิยาม และสมบัติผิด ขาดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทฤษฎีบทสูตร กฎ บทนิยาม และสมบัติ หรือไม่สามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีบท สูตร กฎ บทนิยามและสมบัติ

3. ด้านการคิดคำนวณ หมายถึง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากขาดความเข้าใจในหลักเลข คณิตเบื้องต้น ขาดความเข้าใจในพีชคณิตคือไม่สามารถแก้สมการอสมการหรือแยกตัวประกอบได้ หรือขาดความระมัดระวัง

4. ด้านการตรวจสอบการแก้ปัญหา หมายถึง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการไม่หา คำตอบตามที่โจทย์ต้องการหรือทำไม่เสร็จ สรุปคำตอบจากโจทย์ไม่ถูกต้อง ไม่ครบทุกกรณีไม่สรุป คำตอบให้เป็นผลสำเร็จตามหลักหรือแสดงวิธีการตรวจคำตอบไม่ครบไม่ชัดเจน ผิดพลาด

Fisher (1985, p. 49) กล่าวถึง ลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

1. เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปจากมโนทัศน์ของผู้เชี่ยวชาญในแขนงนั้น ๆ
2. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพียงเรื่องเดียวหรือจำนวนหนึ่งจะขยายออกไปได้ เนื่องจาก

มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลจำนวนมาก

3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะขยายวงกว้างออกไปจากเรื่องที่ยากไปสู่เรื่องที่ยากขึ้น และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวนไม่น้อยที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลงแก้ไข หรือแก้ไขได้น้อยมาก ถ้าใช้วิธีการสอนแบบดั้งเดิม

4. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางเรื่องก็เกี่ยวข้องกับความจริงอื่น ๆ ซึ่งเกี่ยวโยงกันอย่างมีระบบและทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ในชีวิตของเขาด้วย

5. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางเรื่องเป็นสิ่งที่ถ่ายทอดกันมาแต่อดีต จากผู้ที่เป็นผู้นำทางความรู้ในแขนงวิชานั้น ๆ แล้วถูกถ่ายทอดมาสู่นักเรียน

จากการศึกษาลักษณะของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้หลายรูปแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับเกณฑ์การแบ่งประเภทของนักการศึกษาและนักวิจัยแต่ละท่าน

3. สาเหตุการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้ศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ดังนี้

ศิริพรรณ ศรีวรรณงษ์ (2553, หน้า 30) ได้สรุปสาเหตุการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. เกิดจากตัวนักเรียนเอง อันเนื่องมาจากความเชื่อ ความรู้ และประสบการณ์เดิม การแปลความหมาย แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการรับรู้มโนทัศน์ รวมทั้งวุฒิภาวะของแต่ละบุคคล
2. สิ่งแวดล้อมรอบตัวบุคคลอันส่งผลต่อบุคคลโดยตรง เช่น คำบรรยาย เอกสารสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ครูผู้สอน นักการศึกษา ภาษาและวัฒนธรรม และการติดต่อสื่อสาร เป็นต้น

สุวิมล เขียวแก้ว (2540, หน้า 55-56) ได้สรุปปัจจัยที่มีผลต่อมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ดังนี้

1. มีความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ครูสอนกับสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้ในด้านต่อไปนี้
 - ความรู้ความเข้าใจที่นักเรียนมีอยู่ก่อนจะเข้าสู่บทเรียนกับสิ่งที่ครูกิคว่านักเรียนมีอยู่ สามารถแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ครูต้องการให้นักเรียนสำรวจกับสิ่งที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัญหากิจกรรมที่ครูต้องให้นักเรียนกับกิจกรรมที่นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติ และข้อสรุปของนักเรียนกับข้อสรุปของครู

2. ตำราเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพราะเป็นแหล่งที่นักเรียนใช้ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด

3. การพัฒนาแนวความคิดและสติปัญญาตามทฤษฎีของ เพียเจต์ ซึ่งถ้ายังไม่พัฒนาถึง Formal Operational Stage ก็จะทำให้ความเข้าใจกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บางมโนทัศน์ได้ยาก เช่น การคำนวณเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ นักเรียนต้องสนใจตัวแปร 3 ตัว คือ น้ำหนักของสาร น้ำหนักของสารต่อโมล จำนวนโมล นักเรียนบางคนไม่สามารถจัดการกับตัวแปร 3 ตัว ในเวลาเดียวกัน จึงไม่สามารถที่จะทำโจทย์เรื่องนี้ได้ และตามทฤษฎีของ เพียเจต์ เชื่อว่าความสามารถในการสนใจกับตัวแปร 3 ตัว ในเวลาเดียวกันเป็นความสามารถของเด็กในระดับที่เด็กสามารถคิดเป็นนามธรรมได้

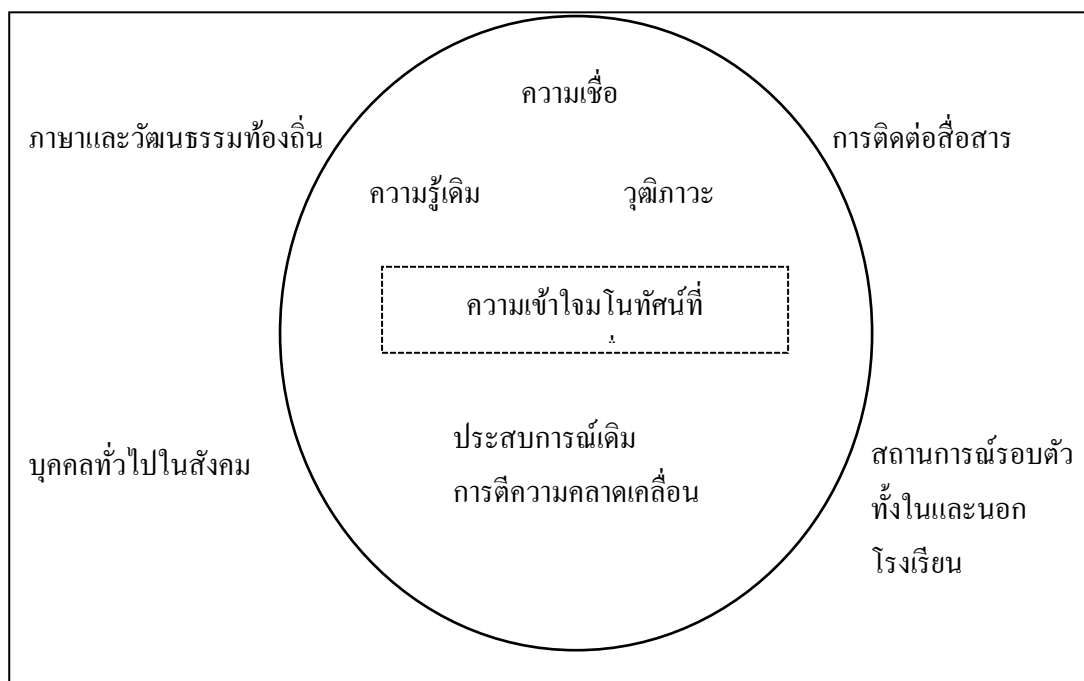
4. ภาษาเนื่องจากความแตกต่างระหว่างภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันกับภาษาทางวิทยาศาสตร์ เช่น ละลาย หลอมเหลว ออกแรงแต่ไม่ไค้งาน ทำงานไม่ประสบผลสำเร็จ หรือในภาษาวิทยาศาสตร์ “Shared electron pair” หมายถึง คู่อิเล็กตรอนอยู่ในตำแหน่งใด ๆ ระหว่างอะตอมในโมเลกุลภาษาอังกฤษ Share แปลว่า เป็นเจ้าของใช้ หรือ Endure Jointly ดังนั้น เป็นหน้าที่ของครูที่จะชี้ให้เห็นความแตกต่าง ระหว่างภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันกับภาษาทางวิทยาศาสตร์

5. ครูหรือนักศึกษาฝึกสอนมีความคิดที่คลาดเคลื่อน แน่แน่นอนว่าการถ่ายทอดความคิดสู่นักเรียนได้อย่างรวดเร็ว และนักเรียนจะรับไว้อย่างมั่นคง เช่น ครูสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาอาจบอกนักเรียนว่าอะไรก็ตามที่ละลายน้ำได้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะละลายได้ดีเสมอ ซึ่งไม่เป็นความจริงเสมอไป

นิวิฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548, หน้า 16) ได้สรุปสาเหตุการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มีดังนี้

1. ภายในตัวบุคคลเอง อันเป็นผลมาจากพื้นฐานความเชื่อ วุฒิภาวะ ประสบการณ์ ที่ได้รับความรู้เดิมของบุคคล และกระบวนการแปลความหมาย สรุปความหมายที่ไม่ถูกต้องกับความจริง

2. สิ่งแวดล้อมรอบตัวบุคคล อันส่งผลต่อตัวบุคคลโดยตรง เช่น ตำราเรียน เอกสาร สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ บุคคลทั่วไปในสังคม สถานการณ์ต่าง ๆ รอบตัว ทั้งในโรงเรียน และนอกโรงเรียน การติดต่อสื่อสารและสัญลักษณ์ทางวัฒนธรรมต่าง ๆ เช่น ภาษา วัฒนธรรมท้องถิ่น เป็นต้น สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 แสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (ที่มา: นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2548, หน้า 16)

Osbrone and Freyberg (1985 อ้างถึงใน ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์, 2553, หน้า 28)

อธิบายว่า มโนทัศน์ที่เกิดขึ้นจริงของผู้เรียนมักจะแตกต่างไปจากมโนทัศน์ที่ครูตั้งใจจะให้นักเรียนสาเหตุที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความคลาดเคลื่อน ได้แก่ 1) ตำราเรียน 2) การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 3) การทำกิจกรรมและการสรุปความรู้ต่าง ๆ

Fisher (1985 อ้างถึงใน ศิริพรรณ ศรีวรรณวงษ์, 2553, หน้า 28-29) กล่าวว่า ความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกิดจากผู้เรียนไม่สามารถได้รับประสบการณ์ตรงในเนื้อหาวิชานั้น ๆ แต่ต้องอาศัยจินตนาการ ทำให้ผู้เรียนเกิดการจินตนาการที่ผิดไปจากข้อเท็จจริง จึงนำไปสู่การเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

Sum-Um-Jaan (1990 อ้างถึงใน นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2548, หน้า 16) ให้ข้อเสนอแนะว่า ผู้เรียนอาจจะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยมีสาเหตุมาจาก

1. พยายามลงข้อสรุปจากปรากฏการณ์ที่มีอยู่ภายในขอบเขตของตนเอง
2. ผู้เรียนพิจารณาและค้นหาความคิด โดยอาศัยความคิดตนเองเป็นหลัก
3. ผู้เรียนเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ไม่มีความเหมือนหรือคล้ายกับสิ่งที่มนุษย์ทำเป็นประจำ ผู้เรียนไม่สามารถพัฒนาเหตุเป็นนามธรรมได้

4. ผู้เรียน ไม่สามารถลงข้อสรุปที่ตรงข้ามกับความคิดของตนเองได้

5. ผู้เรียนมีขีดจำกัดในการใช้ภาษา และไม่สามารถแสดงความคิดออกมาเป็นตามคำพูดตามที่เข้าใจได้

จากที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ว่า เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกตัวบุคคล ปัจจัยภายในตัวบุคคล ได้แก่ ความเชื่อ พื้นฐานความรู้เดิม ประสบการณ์ที่ได้รับ ส่วนปัจจัยภายนอกตัวบุคคล ได้แก่ ตำราเรียน เอกสาร สิ่งพิมพ์ ครูผู้สอน และการติดต่อสื่อสาร เป็นต้น

4. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ขั้น

L Maharani et al. (2019, p. 65) กล่าวว่า การทดสอบวินิจัยสี่ระดับ คือ เครื่องมือที่สามารถใช้เพื่อระบุความเข้าใจผิดของนักเรียน เครื่องมือนี้คือผลของการพัฒนาชุดทดสอบวินิจัยแบบเลือกตอบได้สามระดับมาพร้อมกับระดับความมั่นใจของนักเรียน เครื่องมือนี้มีไว้สำหรับการเรียนรู้แนวคิดของไหล ได้รับการพัฒนาผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ การออกแบบการพัฒนาการใช้งานและการประเมินผล (ADDIE) ผลลัพธ์จากผู้เชี่ยวชาญ การตรวจสอบความถูกต้องระบุว่าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นนั้นถูกต้อง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องความน่าเชื่อถือระดับความยาก และความแตกต่างของคำถามแต่ละข้อ มียี่สิบรายการจากยี่สิบห้ารายการที่เป็นไปได้ที่จะใช้ในการระบุความเข้าใจผิดของนักเรียน

การทดสอบการวินิจัยสี่ระดับ คือ การพัฒนาการวินิจัยหลายทางเลือกแบบทดสอบสามระดับการพัฒนาอยู่นอกเหนือจากระดับความเชื่อมั่นในการเลือกเหตุผล ระดับแรกเป็นคำถามปรนัยที่มีตัวลวงสามตัวและคีย์คำตอบเดียวที่ต้องเป็นเลือกโดยนักเรียน ระดับที่สอง คือ ระดับความมั่นใจของนักเรียนในการเลือกคำตอบ ระดับที่สามคือเหตุผลที่นักเรียนตอบคำถามในรูปแบบของเหตุผลสามแบบให้และหนึ่งเหตุผลเป็นลายลักษณ์อักษร ระดับที่สี่คือระดับความมั่นใจของนักเรียนในเลือกเหตุผล การทดสอบการวินิจัยสี่ระดับคือ

1. แยกระดับความมั่นใจในการตอบและระดับความเชื่อมั่นของเหตุผลที่เลือกโดยนักเรียนเพื่อให้พวกเขาสามารถมองลึกไปถึงจุดแข็งของความเข้าใจในแนวคิด
2. การวินิจัยความเข้าใจผิดที่เกิดขึ้นจากผู้เข้าร่วมอย่างละเอียด
3. การพิจารณาส่วนต่าง ๆ ของวัสดุที่ต้องการความสำคัญมากขึ้น
4. การวางแผนการเรียนรู้ที่ดีขึ้นเพื่อช่วยลดนักเรียนความเข้าใจผิดการรวมกันของคำตอบสำหรับการทดสอบการวินิจัยสี่ระดับจะถูกนำเสนอ

ตารางที่ 2-5 การตีความผลการทดสอบการวินิจฉัยสี่ระดับ L Maharani et al. (2019, p. 65)

ประเภท	ประเภทของคำตอบ			
	คำตอบ	การจัดอันดับ ความมั่นใจ	เหตุผล	การจัดอันดับ ความมั่นใจ
	(1)	(2)	(3)	(4)
ความเข้าใจ	ถูก	CRI > 2.5	ถูก	CRI > 2.5
	ถูก	CRI > 2.5	ถูก	CRI ≤ 2.5
	ถูก	CRI > 2.5	ผิด	CRI ≤ 2.5
ไม่เข้าใจแนวคิด	ถูก	CRI ≤ 2.5	ถูก	CRI > 2.5
	ถูก	CRI ≤ 2.5	ถูก	CRI ≤ 2.5
	ถูก	CRI ≤ 2.5	ผิด	CRI ≤ 2.5
	ผิด	CRI > 2.5	ถูก	CRI ≤ 2.5
	ผิด	CRI > 2.5	ผิด	CRI ≤ 2.5
	ผิด	CRI ≤ 2.5	ถูก	CRI ≤ 2.5
	ผิด	CRI ≤ 2.5	ผิด	CRI ≤ 2.5
เข้าใจแนวคิดผิด	ถูก	CRI > 2.5	ผิด	CRI > 2.5
	ผิด	CRI > 2.5	ผิด	CRI > 2.5
	ผิด	CRI ≤ 2.5	ผิด	CRI > 2.5
ความผิดพลาด	ผิด	CRI > 2.5	ถูก	CRI > 2.5
	ผิด	CRI ≤ 2.5	ถูก	CRI > 2.5

ที่มา: L Maharani et al. (2019, p. 65)

มโนทัศน์ทางฟิสิกส์

การศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ มีประเด็นที่จะนำเสนอ 2 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมาย และประเภทของมโนทัศน์ 2) มโนทัศน์ เรื่อง งานและพลังงาน แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

1. ความหมายและประเภทของมโนทัศน์

นักวิจัย นักการศึกษาตลอดจนนักวิชาการได้ให้ความหมายคำว่า มโนทัศน์ (Concept) เป็นคำถามจากรากศัพท์ภาษาละตินว่า Conceptus หรือ Concipere (Conceive) ซึ่งคำในภาษาไทย

มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันออกไป เช่น ความคิดรวบยอด สังกัป มโนภาพ มโนคติ หรือ มโนมติสำหรับการศึกษาวิชาการครั้งนี้ขอใช้คำว่า “มโนทัศน์” และ จากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์ผู้วิจัยขอนำเสนอประเด็น 2 ประเด็น คือ 1) ความหมายของมโนทัศน์ 2) ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1.1 ได้มีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ดังนี้
McDonald (1960, p. 134) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า “มโนทัศน์ คือ การจำแนกหรือจัดระบบของสิ่งเร้า หรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะเฉพาะร่วมกัน”

Good (1973, p. 118) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 3 ประการ คือ

1. ความคิดสำคัญที่แสดงความหมายของสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือคุณสมบัติโดยมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยการจำแนกเป็นกลุ่ม หรือจำแนกประเภท
2. แนวคิดทั่วไปหรือเสนอเชิงนามธรรมของสถานการณ์ กิจการ หรือวัตถุ
3. ความคิด ความคิดเห็น แนวคิด หรือมโนภาพ

Klausmeier (1985, p. 246) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า “มโนทัศน์ หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เราเข้าใจถึงคุณลักษณะของสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะ เป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือกระบวนการ ทำให้เราแยกสิ่งต่าง ๆ ออกจากกันได้ในขณะที่เดียวกันก็สามารถเชื่อมโยงเข้ากับสิ่งที่เป็นประเภทเดียวกันได้”

Jacobsen et al. (1985, p. 36) Feldmad (1990, p. 259) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า “มโนทัศน์ คือ ความคิดที่กล่าวถึงการจัดกลุ่มหรือการจำแนกประเภทของสิ่งที่มีลักษณะที่มีสมบัติคล้ายคลึงกัน เช่น วัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคลซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น”

Woolfolk (1995, p. 286) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า “มโนทัศน์ คือ กลุ่มประเภทของเหตุการณ์ ความคิด วัตถุ หรือบุคคล โดยใช้ลักษณะคล้ายคลึง”

ปรีชา วงศ์สุทธิ (2525, หน้า 50) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของบุคคล

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531, หน้า 17) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ของสิ่งใด คือ แนวคิดหลัก (Main idea) ที่เรามีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญของสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ซึ่งแต่ละคนอาจสร้างมโนทัศน์ของสิ่งเดียวกันได้แตกต่างกัน

ธีระชัย ปุณณโชติ (2537, หน้า 40-41) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า “มโนทัศน์ คือ ความเข้าใจในความหมายเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วว่าคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลกันเข้าด้วยกันเป็นความคิด โดยสรุปของสิ่ง ๆ นั้น”

โดยสรุปจากความหมายของมโนทัศน์ข้างต้น สรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับความหมายและความคิดสำคัญของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเรา คนอาจสร้างมโนทัศน์ของสิ่งเดียวกันได้คล้ายคลึงหรือแตกต่างกัน

1.2 ประเภทของมโนทัศน์

การศึกษาเกี่ยวกับประเภทของมโนทัศน์มีประเด็นที่มีรายละเอียด ดังนี้

Romey (1968, หน้า 115-117) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classification concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากข้อสรุปที่ได้มาจากประสบการณ์โดยตรงกับธรรมชาติ แล้วนำประสบการณ์มาจัดประเภทเพื่อใช้ในการบรรยายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น แมลงเป็นสัตว์ที่มีร่างกาย 3 ส่วน และมีขา 6 ขา

2. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (Correlation concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากการนำเอาคุณลักษณะต่าง ๆ มาสร้างความสัมพันธ์ร่วมกัน เพื่อใช้ในการพยากรณ์

3. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (Theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่อาศัยการสรุปจากแนวคิดที่สร้างขึ้น แสดงให้เห็นถึงการอธิบายปรากฏการณ์ในรูปทฤษฎี ข้อความหรือสัญลักษณ์ เช่น อะตอม ประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีนิวตรอน โปรตอน และอิเล็กตรอน โคจรรอบนิวเคลียส

Gagne (1970 cited in Nitko (2007, p. 209) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (Concrete concept) คือ กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพสามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัสคล้ายคลึงกันตั้งแต่หนึ่งลักษณะหรือมากกว่า

2. มโนทัศน์เชิงคำอธิบาย (Defined concept) คือ กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะเป็นการกำหนดนิยามหรือคำจำกัดความโดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้ไม่สามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัส และมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่น ๆ บางครั้งจึงเรียกว่า มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (Relation concept)

Sund and Trowbridge (1973, pp. 17 - 18) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (Concrete concepts) ตัวแทนความคิดที่แสดงให้เห็นเป็นรูปธรรม เช่น เซลล์แม่เหล็ก คอลลอยด์ เป็นต้น
2. มโนทัศน์เชิงกระบวนการพลวัต (Dynamic process concepts) เช่น ทฤษฎีพลังงานจลน์ของสสาร การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

Gibson (1980, หน้า 276) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (Concrete concepts) คือ ความคิดที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่กลุ่มของวัตถุที่สามารถสังเกตได้
2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม (Abstract concepts) คือ ความคิดที่ไม่สามารถเชื่อมโยงไปสู่วัตถุที่สังเกตได้โดยตรง

Jacobsen et al. (1985, pp. 36-38) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์ลำดับสูง (Superordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ความสัมพันธ์จัดอยู่ในลำดับสูงสุด มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ด้วยกันโดยจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ จากใหญ่ที่สุดไปเล็กที่สุดได้
2. มโนทัศน์ร่วม (Coordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกันแม้ว่าจะจัดอยู่คนละกลุ่ม แต่ก็ยังมีบางส่วนที่เหมือนกันอยู่
3. มโนทัศน์ลำดับรอง (Subordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ความสัมพันธ์จัดอยู่ในลำดับรองลงมา

Smith and Ragan (2005, pp. 80) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (Concrete concepts) คือ มโนทัศน์ ที่ จำแนกจากลักษณะทางกายภาพของสิ่งนั้นด้วยตนเอง ไม่ว่าจะเป็นทางการมองเห็น การได้ยิน การสัมผัส หรือการได้กลิ่น
2. มโนทัศน์เชิงนิยาม (Defined concepts) คือ มโนทัศน์ที่จำแนกจากสิ่งโดยตรงกับคำนิยามหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งที่มีคนรู้มาก่อน เช่น คำว่า ประชาธิปไตย อนาธิปไตย กรดเบส (นักเคมีให้คำนิยามเพื่อบอกระดับของค่า pH) เป็นต้น

Lawson et al (2000, pp. 996-1018) ได้แบ่งมโนทัศน์ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (Theoretical concepts) คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส แต่รับรู้ได้จากแนวคิดทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์เสนอ
2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (Descriptive concepts) คือ มโนทัศน์ที่เกิดจากการสังเกตวัตถุ หรือเหตุการณ์โดยตรง หลาย ๆ ครั้ง แล้วเชื่อมโยงลักษณะร่วมกันที่สำคัญของวัตถุ หรือเหตุการณ์เข้าด้วยกันเกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้น

3. มโนทัศน์เชิงสอดแทรก (Intermediate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถรับรู้ได้ ซึ่งการรับรู้มีข้อจำกัดที่ระยะเวลาและสถานการณ์

The Ontario (2007, p. 7) ได้แบ่งประเภทมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์พื้นฐาน (Fundamental concept) ว่าความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความคิดที่สำคัญที่ทำให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์และนักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจนี้มาก่อนที่จะเรียนในขั้นต่อไป

2. มโนทัศน์หลัก (Big idea) ว่า ความเข้าใจเชิงลึกของความคิดสำคัญที่นักเรียนจะต้องเข้าใจเมื่อได้ศึกษาเรียนรู้ โดยนักเรียนจะต้องมีความเข้าใจในมโนทัศน์พื้นฐานมาก่อนแล้ว เช่น มโนทัศน์เรื่องงาน มีแนวคิดพื้นฐาน คือ แรงและการกระจัด ความคิดสำคัญที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดนี้ คือ ความหมายของแรงและการกระจัด ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว

Kathy and Jordan (2007, p. 15) ได้กล่าวถึง การแบ่งประเภทของมโนทัศน์ ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์พื้นฐาน (Key concept) คือ ความคิดสำคัญที่เป็นความรู้พื้นฐานช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มโนทัศน์อื่น ๆ ที่ซับซ้อนขึ้น

2. มโนทัศน์หลัก (Main concept) คือ แนวคิดสำคัญที่กล่าวถึงมโนทัศน์พื้นฐานที่นักเรียนผ่านการเรียนรู้มาแล้ว ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจในเรื่องที่จะเรียนรู้หรือหัวข้อที่จะเรียนรู้

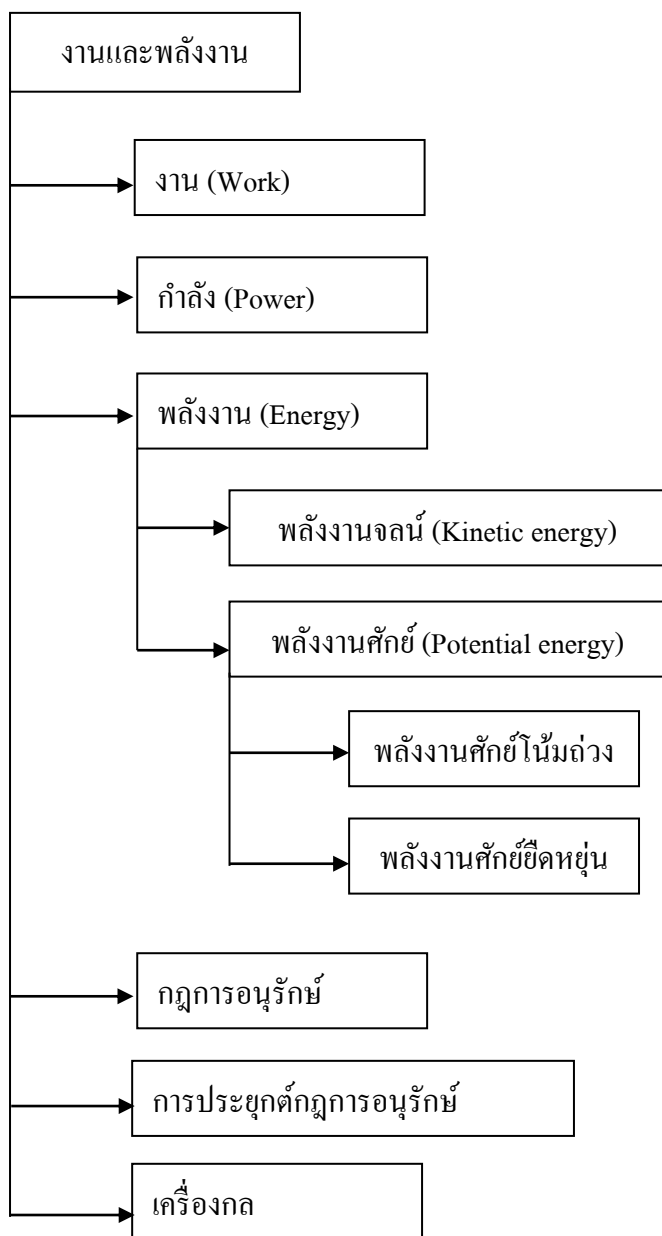
โดยสรุปได้ว่า ประเภทของมโนทัศน์ ออกเป็น 2 ประเภทและเลือกใช้คำแทนแต่ละประเภท ดังต่อไปนี้

1. มโนทัศน์พื้นฐาน (Fundamental concept) หมายถึง แนวคิดสำคัญหรือความเข้าใจแรกเริ่มของนักเรียนที่ได้ผ่านการเรียนรู้มาแล้ว และเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องการเรียนรู้ต่อไปช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มโนทัศน์อื่น ๆ ที่ซับซ้อนขึ้น

2. มโนทัศน์หลัก (Main concept) หมายถึง ความเข้าใจเชิงลึกหรือแนวคิดสำคัญที่กล่าวถึงมโนทัศน์พื้นฐานที่นักเรียนผ่านการเรียนรู้มาแล้ว

2. มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน

มีความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ กำลัง พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ กฎการอนุรักษ์พลังงาน การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงาน และเครื่องกล มโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องงานและพลังงาน ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 แผนผังมโนทัศน์ในเรื่อง งานและพลังงาน

กระทรวงศึกษาธิการ (2551, หน้า 112) ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 5 พลังงาน คือ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้ พลังงานต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้เรื่องงานและพลังงานในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. อธิบายความแตกต่างระหว่างงานในชีวิตประจำวันและงานทางฟิสิกส์
2. คำนวณหางานที่กระทำจากผลคูณระหว่างขนาดของแรงในแนวที่วัตถุเคลื่อนที่กับการกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ และเชื่อมโยงไปสู่กำลัง
3. ทดลองและอธิบายสรุปความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ แรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและกฎการอนุรักษ์พลังงาน
4. คำนวณหาพลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่ระดับต่าง ๆ พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงและการนาฏการอนุรักษ์พลังงานไปใช้ประโยชน์
5. อธิบายความสำคัญและความจำเป็นในการใช้พลังงานอย่างประหยัด
6. อธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากหลักการของงานและพลังงาน

มโนทัศน์ (สาระสำคัญ)

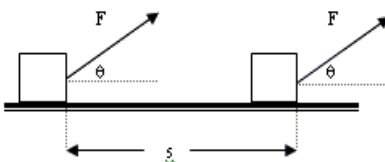
งาน ความหมายโดยทั่วไป เป็นการกระทำกิจกรรมหรือสิ่งใด ๆ เพื่อที่จะได้รับซึ่งผลตอบแทน เช่น การปลูกต้นไม้ การเล่นเกม การเขียนหนังสือ ความหมายของงานทางวิทยาศาสตร์ เป็นผลจากการกระทำของแรงต่อวัตถุอย่างต่อเนื่องและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแรงกระทำ ดังนั้นการเกิดงานจะต้องมีแรงกระทำและระยะทางการเคลื่อนที่ที่เกี่ยวข้องเสมอ นิยามของงาน

งาน หมายถึง ผลคูณของแรงกับระยะทางตามแนวแรงที่กระทำ

เมื่อ \vec{F} แทน แรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็น นิวตัน (Newton , N)

s แทน ระยะทางตามแนวแรงที่กระทำ มีหน่วยเป็น เมตร (Meter , m)

W แทน งานที่เกิดจากแรงกระทำ มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร (Nm) หรือ จูล (Joule , J)



$$\text{ดังนั้น } W = \vec{F} s \cos \theta$$

พลังงาน เป็นความสามารถในการทำงานของวัตถุ ไม่มีตัวตน สัมผัสหรือจับต้องไม่ได้ ไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้ แต่สามารถเปลี่ยนรูปได้ พลังงานมีหลายรูปแบบ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน พลังงานแสง พลังงานเสียง พลังงานกล พลังงานเคมี พลังงานนิวเคลียร์ ฯ พลังงาน มีหน่วยเช่นเดียวกับงาน คือ จูล (J) สำหรับพลังงานที่จะศึกษาในระดับนี้ เป็นพลังงานที่มี

อยู่ในวัตถุทุกชนิด คือ พลังงานกล (Mechanic energy) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) พลังงานศักย์ (Potential energy) 2) พลังงานจลน์ (Kinetic energy)

พลังงานศักย์ (Potential energy; E_p)

1. พลังงานศักย์โน้มถ่วง (Gravitational potential energy) เป็นพลังงานศักย์ที่สะสมในวัตถุ เมื่ออยู่บนที่สูงพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่ามาก หรือ ค่าน้อย ขึ้นอยู่กับระดับความสูงจากพื้นโลก สามารถหาค่าได้จากงานที่ทำหรือการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในแนวตั้ง เช่น การตกของลูกมะพร้าวจากต้น การปล่อยตุ้มตอกเสาเข็ม สามารถหาค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง จากงานเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ เมื่ออยู่บนที่สูง สูตร $E_p = mgh$

2. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (Elastic potential energy) เป็นพลังงานศักย์ที่สะสมในวัตถุที่ติดกับสปริงที่ถูกทำให้ยืดออก หรือหดเข้า จากตำแหน่งสมดุล แรงที่กระทำต่อสปริงมีค่าไม่คงที่ แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากศูนย์ แรงที่นำไปใช้จึงเป็นค่าเฉลี่ย สูตร $E_p = \frac{1}{2}ks^2$

พลังงานจลน์ (Kinetic energy; E_k)

พลังงานจลน์ เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นขณะวัตถุกำลังเคลื่อนที่เนื่องจากมีแรงมากระทำต่อวัตถุและมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอัตราเร็วของวัตถุเคลื่อนที่ สูตร $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

พลังงานจลน์ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ เช่น

1. พลังงานลม ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคอากาศ เป็นสภาพของลมพัด พลังงานลมที่แรงมากสามารถหมุนกังหันลมได้

2. พลังงานคลื่น คลื่นในทะเล และมหาสมุทร ปกติเกิดจากลม ในบางครั้งเกิดจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก เช่น แผ่นดินไหว พลังงานคลื่น สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า

3. พลังงานน้ำ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำ เช่น การไหลของกระแสน้ำ การไหลของน้ำตก และการเกิดคลื่นน้ำ พลังงานน้ำที่แรงมากเพียงพอสามารถหมุนกังหันน้ำได้

$$\text{สูตร } E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

พลังงานกล ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของวัตถุมีค่าคงที่ทุกขณะ พลังงานกลมี 2 รูปแบบ คือ พลังงานจลน์ และพลังงานศักย์

กฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงานกล หมายถึง การเคลื่อนที่อย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ พลังงานกลรวมของวัตถุมีค่าคงตัวเสมอ

กำลัง อัตราการทำงานหรืองานที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา สูตร $P = \frac{w}{t}$ หรือ $P = \frac{F \times s}{t}$

กำลังขณะหนึ่ง คือ การพิจารณางานที่ได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ จะได้กำลังขณะใดมีค่าเท่ากับกำลังเฉลี่ย

กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Law of conservation of energy) คือ “พลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่และไม่สามารถทำให้สูญหายหรือทำลายได้ แต่จะเกิดการเปลี่ยนรูปพลังงานจากรูปหนึ่ง ไปเป็นอีกรูปหนึ่ง” ซึ่งในชีวิตประจำวันเราสามารถนำความรู้เกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์พลังงานไปใช้ประโยชน์มากมาย เช่น

1. การเปลี่ยนพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์ ตัวอย่างเช่น น้ำกักเก็บไว้ในเขื่อนจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสะสมอยู่ เมื่อปล่อยให้ไหลจากเขื่อนไปหมุนกังหันจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ไปเป็นพลังงานจลน์เพื่อนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า

2. การเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมี ตัวอย่างเช่น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ซึ่งเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีในรูปสารอาหาร แล้วเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อ

3. การเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานความร้อน ตัวอย่างเช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีพลังงานเคมีสะสมอยู่ จะได้พลังงานความร้อนเกิดขึ้น

4. การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน ตัวอย่างเช่น เตาไรต์ที่มีขดลวดนิโครมเป็นส่วนประกอบ เมื่อได้รับกระแสไฟฟ้าจะทำให้มีพลังงานความร้อนเกิดขึ้น

เครื่องกล (Machine) คือ เครื่องมือที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงาน อีกทั้งยังสามารถช่วยในการผ่อนแรงได้ เครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่ คาน (Lever), รอก (Pulley), ล้อและเพลา (Wheel and Axle), พื้นเอียง (Inclined plane), ด้าม (Wedge), สกรู (Screw)

$$\text{การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical advantage) สูตร } M.A. = \frac{\text{แรงต้านทาน}}{\text{แรงพยายาม}} = \frac{W}{E}$$

ประสิทธิภาพของเครื่องกล (Efficiency of Machine) เมื่อเครื่องกลไม่มีแรงเสียดทาน (ไม่มีอยู่จริง) งานที่ให้กับเครื่องกล = งานที่ได้รับจากเครื่องกล ประสิทธิภาพ = 100% แต่เมื่อ เครื่องกลมีแรงเสียดทาน งานที่ให้กับเครื่องกล = งานที่ได้รับจากเครื่องกล + งานที่สูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน

งานที่ได้รับจากเครื่องกล

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{งานที่ให้กับเครื่องกล}}{\text{งานที่ได้รับจากเครื่องกล}} \times 100\%$$

คาน (Lever) คือ วัตถุแท่งยาวมีจุดที่เป็นจุดหมุน โดยใช้หลักการเรื่องโมเมนต์มาคำนวณ

รอก (Pulley) คือ เครื่องกลที่มีลักษณะเป็นล้อหมุนได้คล้องรอบแกนที่ขอบของล้อมีร่องสำหรับคล้องเชือกเพื่อใช้ยก ของขึ้นที่สูงหรือหย่อนลงไปที่ต่ำได้

ล้อ และเพลา (Wheel and Axle) คือ วัตถุทรงกระบอกขนาดต่างกันสองอันติดกัน และหมุนรอบจุดศูนย์กลางของวงกลมร่วมกัน โดย ทรงกระบอกอันใหญ่เรียกว่า “ล้อ” ส่วนอันเล็ก

เรียกว่า “เพลลา” อาศัยหลักการโมเมนต์และงาน สูตร $E \times R = W \times r$, อาศัยหลักของงาน

สูตร $E \times (2 \pi R) = W \times (2 \pi R)$

พื้นเอียง (Inclined plane) คือ เครื่องกลที่มีลักษณะลาดเอียงช่วยผ่อนแรงในการยกของหนักขึ้นในแนวตั้ง จากหลักของงาน สูตร $E \times L = W \times H$

3. แนวทางวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางฟิสิกส์

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2525, หน้า 247) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปจากประสบการณ์ของบุคคล”

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525, หน้า 48) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเชื่อมโยงต่อเนื่องกันไปอยู่ตลอดเวลา มโนทัศน์หนึ่งอาจเกิดจากการนำมโนทัศน์หลาย ๆ มโนทัศน์มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ยังเป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากข้อเท็จจริงทั้งระดับที่เป็นรูปธรรม นามธรรม และเน้นหนักในเชิงปริมาณ เพื่อให้ได้มาข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด ดังนั้นข้อมูลต่าง ๆ จึงเน้นการทดลองซึ่งมีอุปกรณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตีเพิ่มขึ้นมาเรื่อย ๆ นอกจากนี้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียน และความรู้ระดับสูงได้แจ่มแจ้ง

ผดุงยศ ดวงมาลา (2523, หน้า 5) ได้กล่าวเกี่ยวกับ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า มโนทัศน์เกิดจากการนำเอาข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องมาผสมผสานให้ดัดเป็นรูปแบบใหม่ มโนทัศน์ของสิ่งใดก็คือ ความคิดหลักของสิ่งนั้น หรือเป็นความคิดโดยสรุปจากสิ่งนั้น มโนทัศน์อาจจะไม่ได้เกิดจากการประกอบกันของข้อเท็จจริง แต่อาจเกิดจากการประกอบกันจากจินตนาการหรือมโนภาพของวิทยาศาสตร์ก็ได้ เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งที่เรามองไม่เห็น แต่รู้ว่ามียูจิง เพราะมีหลักฐานยืนยันสนับสนุนเป็นจริง แม้จะสังเกตไม่ได้โดยตรงก็ตาม เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับโมเลกุล อะตอม อิเลคตรอน มวลสาร พลังงาน ล้วนแต่ไม่ใช่ข้อเท็จจริง เพราะสังเกตไม่ได้โดยตรง

มังกร ทองสุคติ (2523, หน้า 2) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับบุคคลอื่น ๆ ไว้ว่า

มโนทัศน์ ตามความหมายของวิชาการแต่ละวิชา จะแตกต่างกันไปตามความหมายทางวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์หมายถึง ระบบสังเคราะห์ (Synthesis) หรือความสัมพันธ์ตามเหตุผล (Logical relationship) หรือความคิดสำคัญ (Big idea) ซึ่งรวบรวมข้อเท็จจริง (Facts) หลักเกณฑ์ (Principles) ของแต่ละบุคคลว่าเข้าใจความสัมพันธ์ในวัตถุ (Object) หรือสัญลักษณ์ (Symbol)

หรือสถานการณ์ (Situation) มากน้อยเพียงใด โดยนัยนี้มโนทัศน์เป็นสิ่งที่ปรุงแต่งขึ้นมา โดยอาศัยเหตุผล และทำให้อรรถาธิบายมีความหมายที่ช่วยให้เกิดประโยชน์การคิดขั้นต่อไป

Lawson (2000, pp. 996-1018) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะสำคัญรวม 5 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงการแบ่งประเภท (Classification concepts) คือ มโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบาย ลักษณะร่วมข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่นำไปบรรยายถึงคุณสมบัติของวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (Descriptive concepts) คือ มโนทัศน์ที่เกิดจากการสังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์โดยตรงหลาย ๆ ครั้ง แล้วเชื่อมโยงลักษณะร่วมที่สำคัญของวัตถุหรือเหตุการณ์เข้าด้วยกันเกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้น เช่น มโนทัศน์แก๊ส ไม้เรียว รถยนต์ การกิน รวมถึงมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับตำแหน่งหรือขนาด เช่น ข้างใต้ ถัดไป เป็นต้น

3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (Relational concepts) คือ มโนทัศน์ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกัน ก่อนฝนตกอากาศจะอบอ้าว ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว เป็นต้น

4. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (Theoretical concepts) คือ มโนทัศน์ที่อยู่นอกเหนือประสบการณ์ทางประสาทสัมผัส ข้อเท็จจริง ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่มีหลักฐานที่สนับสนุนให้เกิดความเข้าใจสิ่งเหล่านั้น เป็นมโนทัศน์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลนำไปใช้ทำนายหรือพยากรณ์ เช่น การดูดซึมแอลกอฮอล์จะเกิดขึ้นในกระเพาะอาหาร อะตอมคืออนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ ซึ่งประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน เป็นต้น

5. มโนทัศน์เชิงสอดแทรก (Intermediate concept) คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถรับรู้ได้ เช่น มโนทัศน์กระบวนการทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ เป็นต้น ซึ่งการรับรู้ หรือการเกิดมโนทัศน์ประเภทนี้มีข้อจำกัดอยู่ที่ระยะเวลาที่จะสังเกตสถานการณ์นั้น ๆ

Carin (1989, p. 7) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรวมจิตใจเกี่ยวกับโลกบนพื้นฐานของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

Jacobson and Bergman (1991, p. 120) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย โดยเด็กจะพัฒนามโนทัศน์เมื่อเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นจากสิ่งที่สำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติการทดลอง และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ และเชื่อมโยงสัมพันธ์ความเข้าใจไปยังประสบการณ์ที่มีอยู่”

Sund and Trowbridge (1973, pp. 17-18) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงสิ่งที่เป็นนามธรรมที่เกิด ขึ้นจากการใช้ประสาทสัมผัสศึกษา สิ่งเกิดวัตถุที่เป็นรูปธรรม (Concrete objects) หรือเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ”

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจโดยสรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการใช้ประสาทสัมผัสและประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจกับประสบการณ์ที่มีอยู่ ทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยความเข้าใจจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล จะเห็นว่า ความหมายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้แตกต่างจากมโนทัศน์ทั่วไป เพียงแต่ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ จึงเนื่องจากมโนทัศน์ของสิ่งใด ก็คือ ความคิดหลักของสิ่งนั้น หรือเป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น ดังนั้น จากความหมายของ “มโนทัศน์” และความหมายของ “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์” ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จึงสรุปเป็นความหมายของมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ได้ว่า มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับข้อเท็จจริง และหลักการหรือข้อสรุปที่สัมพันธ์กันอย่างมีเหตุและผลต่อกันเกี่ยวกับวัตถุ สัญลักษณ์ หรือสถานการณ์ทางฟิสิกส์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ศักดิ์ กิ่งไก่อ (2560) ได้ทำการวิจัย ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ขั้น และตัวแบบกิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ศึกษา พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 ศึกษาสาเหตุที่ทำให้นักศึกษาเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 พัฒนาตัวแบบกิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 และเปรียบเทียบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการเรียนวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษาที่เข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ตามตัวแบบ (Model) นักศึกษาที่เข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ด้วยวิธีปกติกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่1จากวิทยาลัยเทคนิคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ในปีการศึกษา 2558 ผลการวิจัยพบว่า 1) จากการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจำนวน 19 ฉบับ ๆ ละ 27-36 ข้อ รวม 645 ข้อ พบว่า ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพเข้าเกณฑ์จำนวน 19 ฉบับ ๆ ละ 18-32 ข้อ จำนวน 491 ข้อ มีค่า

ความยากรายข้อของคำถามชั้นที่ ตั้งแต่ .20-.80 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ .20-.80 และ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับตั้งแต่ .72-.89 ส่วนค่าความยากรายข้อของคำถามชั้นที่ 3 ตั้งแต่ .20-.76 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .20-.82 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ทั้งฉบับตั้งแต่ .71-.89 2) สาเหตุที่ทำให้ นักศึกษามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 พบว่า นักศึกษามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในด้านบทนิยามและทฤษฎีบท ด้านสัญลักษณ์ ด้านการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาและด้านกฎสูตรตั้งแต่ร้อยละ 73.31-78.77 มีความมั่นใจ ในการตอบคำถามชั้นที่ 1 ต่ำกว่าระดับมั่นใจลงมาตั้งแต่ร้อยละ 88.05-91.49 โดยให้เหตุผลที่ผิด ในการตอบตั้งแต่ร้อยละ 74.80-89.15 และมีความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่ 3 ต่ำกว่า ระดับมั่นใจลงมา ตั้งแต่ร้อยละ 86.96-91.49 3) ตัวแบบ (Model) กิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 5 ตอน คือ 1) ตำราทฤษฎีบทของนักเรียน 2) ออกแบบกิจกรรม 3) สร้างความรู้ 4) ประเมินเพื่อการเรียนรู้ และ 5) นำไปใช้ซึ่งในแต่ละขั้นตอน จะมีกิจกรรมที่ครูและผู้เรียนปฏิบัติ ตัวแบบที่พัฒนาขึ้นผ่านการทดลองใช้และผู้เชี่ยวชาญ มีความเห็นพ้องตรงกันว่าองค์ประกอบในตัวแบบมีความสอดคล้องกัน ส่งเสริมและมีส่วนเกี่ยวข้องกับ ซึ่งกันและกัน 4) ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักศึกษาในวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษาที่เข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ตามตัวแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ย ของคะแนนพัฒนาการของนักศึกษากลุ่มทดลองสูงกว่านักศึกษาที่เข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลง มโนทัศน์ด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยของขนาดผลมีขนาดใหญ่ ($Y = 2.30$, $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 9.26$, $CI = 7.74-10.79$) แสดงว่า นักศึกษากลุ่มทดลองมีการปรับเปลี่ยน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนลดลง

ปัทมาพร ณ น่าน (2561) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน แบบสามชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษา ปีที่ 4 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นในด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และเพื่อสร้าง คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 675 คน ซึ่งเลือกมาโดยวิธีการสุ่ม แบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวินิจฉัย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จำนวน 20 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นมีค่า ความเที่ยงตรง

ตามเนื้อหา (ค่า IOC = 1.00) มีค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างอยู่ระหว่าง .91-.99 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ค่าความยากขั้นที่ 1 ร่วมกับขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 มีค่าอยู่ระหว่าง .20-.58 ค่าอำนาจจำแนกใช้สูตรของ Brennan มีค่าตั้งแต่ .25-.79 ส่วนค่าความเชื่อมั่นใช้สูตรของ Livingston มีค่าอยู่ระหว่าง .88-.93 สำหรับคะแนนจุดตัดหาโดยวิธีของ Angoff เท่ากับ 13 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่องความหมายของแรง นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากที่สุด เรื่อง การวิเคราะห์การเกิดแรง และเรื่องน้ำหนักของวัตถุ นักเรียนที่เดาหรือขาดความเชื่อมั่นมากที่สุดในเรื่องสนามโน้มถ่วง และแรงโน้มถ่วง และเรื่องที่นักเรียนขาดความรู้มากที่สุด คือ เรื่องความเฉื่อยของวัตถุ

กัญวลัญช์ จิตรดี (2559) การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ตัวประกอบของจำนวนนับสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครนายก การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ตัวประกอบของจำนวนนับ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครนายก และหาคุณภาพด้านความตรงตามเนื้อหา (Content validity) ความยาก (Difficulty) อำนาจจำแนก (Discrimination) ความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ความเที่ยง (Reliability) กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครนายก จำนวน 908 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ที่สร้างขึ้นโดยใช้ฟอร์มข้อสอบ (Item form) จำนวน 5 ฉบับ ฉบับละ 20 ข้อ รวม 100 ข้อ ผลการวิจัยปรากฏว่า แบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 5 ฉบับ ค่าความตรงตามเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย ตั้งแต่ .80-1.00 มีค่าความยากตั้งแต่ .54-.70 ค่าอำนาจจำแนกใช้สูตรของ Brennan มีค่าตั้งแต่ .54-.86 ค่าความตรงตามสภาพ มีค่าตั้งแต่ .762-.986 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 ส่วนค่าความเที่ยงใช้สูตรของ Livingston มีค่าตั้งแต่ .96-.97 สำหรับคะแนนจุดตัดหาแต่ละฉบับเท่ากับ 12 คะแนน จากคะแนนเต็มฉบับละ 20 คะแนน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด ในเรื่องตัวประกอบ และการหาตัวประกอบ การแยกตัวประกอบ และตัวคูณร่วมน้อย

น้ำค้าง จันเสริม (2551) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธี PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบบวัดมโนคติ งานและพลังงาน แผนผัง มโนคติและการสัมภาษณ์

นักเรียนเพิ่มเติมผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนามโนคติเรื่องงานและพลังงานเฉลี่ยร้อยละ 78.33 โดยได้พัฒนามโนคติไปสู่มโนคติของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจมโนคติและการปรับเปลี่ยนมโนคติเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 44 คน โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวที่มี การทดสอบก่อนและหลัง การทดลอง เครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัย คือ สื่อการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ แบบทดสอบความเข้าใจมโนคติเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ แบบสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ผลการทดลองพบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์มีคะแนนเฉลี่ย 22.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.95

งานวิจัยในต่างประเทศ

Caleon (2005) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับเพื่อวัดธรรมชาติของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องคลื่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับและการนำไปใช้ ขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับนี้พัฒนามาจากแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสองระดับ ซึ่งประกอบด้วยการวัดระดับความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาและการวัดระดับเหตุผลหรือการวัดความรู้เกี่ยวกับการอธิบายจากนั้นเพิ่มการวัดระดับความเชื่อมั่นเข้าไปในการตอบของคำถามและการตอบเหตุผลตัวอย่างในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 598 คน ในประเทศสิงคโปร์ผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยระดับความเชื่อมั่นสัมพันธ์กับคะแนนเฉลี่ยของการตอบ ระดับคำตอบมากกว่าคะแนนเฉลี่ยของการตอบระดับเหตุผล แสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสามารถที่จะแยกแยะระหว่างสิ่งที่นักเรียนรู้กับสิ่งที่นักเรียนไม่รู้ออกจากกันอย่างชัดเจน สำหรับหัวข้อการทดสอบที่นักเรียนคุ้นเคยนักเรียนจะตอบถูกต้องและมีระดับความมั่นใจสูง และท้ายสุดพบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องคลื่น 9 มโนทัศน์

Sreenivasulu (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ความเข้าใจของนิสิตนักศึกษาเกี่ยวกับเทอร์โมไดนามิก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความเข้าใจของนิสิตนักศึกษาเกี่ยวกับเทอร์โมไดนามิก ด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ และเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการวัดด้วยแบบสอบวินิจฉัยกับผลการสัมภาษณ์ ตัวอย่างในการวิจัยนี้คือนิสิตนักศึกษาจำนวน 296 คน ที่ศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยในประเทศสิงคโปร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ จำนวน 1 ฉบับ 30 ข้อ และแบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า นิสิตนักศึกษามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเทอร์โมไดนามิกจำนวน 34 มโนทัศน์

นอกจากนี้ยังพบว่าข้อที่ตอบถูกไม่ได้มีระดับความมั่นใจที่สูงมาก สะท้อนให้เห็นว่าเนื้อหา เรื่องเทอร์โมไดนามิกเป็นเรื่องที่ยากที่จะทำความเข้าใจและเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสูง เห็นได้จากผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบวินิจฉัย แบบเลือกตอบสี่ระดับที่นักเรียนได้คะแนนต่ำ

Der-Ching (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินภาคปฏิบัติในเด็กอายุ 10 ถึง 11 ปี และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสำนักด้านตัวเลขโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปฏิบัติของนักเรียนและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความเข้าใจกับสำนักด้านตัวเลขด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนอายุ 10 ถึง 11 ปี จำนวน 195 คน ในสาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ จำนวน 40 ข้อ ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจในการตอบระดับคำตอบสูงกว่าระดับเหตุผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นักเรียนร้อยละ 68 มีแนวโน้มที่ความมั่นใจระดับคำตอบมีค่าเท่ากับเหตุผล นักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องหรือเหตุผลถูกต้อง มีค่าเฉลี่ยความมั่นใจสูงกว่านักเรียนที่ตอบผิด และพบว่ามี 16 มโนทัศน์ที่นักเรียนมีระดับความคลาดเคลื่อนอย่างมาก

Schnepper and McCoy (2013, pp. 1-7) ได้ทำวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์ห้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมปลาย” ซึ่งมีนักเรียนเข้าร่วม 38 คน โดยเป็นนักเรียนชาย จำนวน 19 คน และนักเรียนหญิง จำนวน 19 คน โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์การทำงานของนักเรียนที่เข้าร่วมวิจัยทุกคนและคัดเลือกนักเรียนมาสัมภาษณ์ถึงคนขึ้นตอนและวิธีการแก้ปัญหา จำนวน 5 คน โดยผู้เข้าร่วมจะได้รับการสอนเนื้อหาก่อนจากนั้นจะได้รับการประเมินสั้น ๆ โดยการสอบย่อย จากนั้นผู้วิจัยจะทำการวินิจฉัยและวิเคราะห์หาจุดที่ผิดพลาดของนักเรียน โดยระหว่างระยะเวลาเรียนข้อผิดพลาดเหล่านี้จะได้รับการสอนใหม่อีกครั้ง และในตอนท้ายของบทเรียนนักเรียนจะได้รับการทดสอบท้ายบทซึ่งจะวัดในเรื่องของความรู้เชิงกระบวนการและความรู้เชิงมโนทัศน์นอกจากนี้ผู้วิจัยยังทำการแบ่งประเภทของข้อผิดพลาดออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ คำตอบที่ไม่สมบูรณ์ การใช้ข้อมูลที่ผิด ข้อผิดพลาดทางเทคนิค ข้อผิดพลาดที่เกิดจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้เรียนมาก่อนหน้าและการบิดเบือนทางบทนิยาม โดยจากการวินิจฉัยพบข้อผิดพลาดที่ไม่ซ้ำกัน จำนวน 143 จุด จากทั้งหมด 265 จุด ซึ่งหากเรียงลำดับข้อผิดพลาดที่พบจากมากไปน้อยเป็นร้อยละ (รวมข้อผิดพลาดจุดที่ซ้ำ) ได้ดังนี้ คำตอบที่ไม่สมบูรณ์ การใช้ข้อมูลที่ผิด ข้อผิดพลาดทางเทคนิค ข้อผิดพลาดที่เกิดจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้เรียนมาก่อนหน้านี้และการบิดเบือนทางบทนิยามตามลำดับ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าแบบทดสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นจะพบในรายวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนวิทยาศาสตร์

จะพบได้ในแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นในประเทศไทย ผลงานวิจัยเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ชั้นพบว่า การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ มีการนำแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เพราะสามารถวัดมโนทัศน์ของนักเรียนได้แม่นยำมากกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสองระดับกับสามระดับ ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน และพลังงานสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 โดยมีลักษณะเป็นคำถามสี่ชั้น ชั้นที่หนึ่งคือถามมโนทัศน์ ชั้นที่สองคือระดับความมั่นใจ ชั้นที่สามคือเหตุผลในการตอบชั้นที่หนึ่ง และชั้นที่สี่คือระดับความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่สาม ซึ่งผู้วิจัยได้นำรูปแบบโครงสร้างมาจากงานวิจัยแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นจากงานวิจัยต่างประเทศ ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยที่มีคุณภาพนั้น ความตรงตามเนื้อหา จะใช้ต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ค่าความยากง่ายต้องมีค่าตั้งแต่ .20-.80 ค่าอำนาจจำแนกต้องมีค่าตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ค่าความเที่ยงของทดสอบอิงเกณฑ์ของ Livingston มีค่าตั้งแต่ .70 ขึ้นไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่อง งานและพลังงาน และสร้างเกณฑ์ คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 18 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 18 จำนวน 50 โรงเรียน ซึ่งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีนักเรียนชาย จำนวน 4,343 คน นักเรียนหญิง จำนวน 6,851 คน รวมมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11,194 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีนักเรียนชาย จำนวน 3,904 คน นักเรียนหญิง จำนวน 6,539 คน รวมมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10,443 คน

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้จำนวน 21,637 คน สังกัด สพม. 18 มีจำนวนโรงเรียนทั้งหมด 50 โรงเรียน แบ่งเป็น โรงเรียนขนาดเล็ก โรงเรียนขนาดกลาง โรงเรียนขนาดใหญ่ และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษา อยู่ในปีการศึกษา 2563 ในจังหวัดชลบุรี สังกัด สพม. 18 แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม รวมทั้งสิ้น จำนวน 1,161 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 เป็นกลุ่มที่ใช้ในการสำรวจเพื่อหาทัศนคติที่คลาดเคลื่อนเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้แก่ โรงเรียนระยองวิทยาคม นิคมอุตสาหกรรม โรงเรียนมกุฎเมืองราชวิทยาลัย โรงเรียนบางละมุง โรงเรียนชลกันยานุกูล ปีการศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) ตามขนาดโรงเรียน คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษจำนวน นักเรียน 100 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 เป็นกลุ่มที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยทัศนคติที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ขั้น เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปี การศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 ซึ่งเลือกมาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) ตามขนาดโรงเรียน คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ โรงเรียนละ 20 คน และ 25 คน จำนวน 15 โรงเรียน จำนวน 360 คน รายละเอียดดังตาราง

กลุ่มตัวอย่างที่ 3 เป็นกลุ่มที่ใช้วินิจฉัยทัศนคติที่คลาดเคลื่อน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 11 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนชลกันยานุกูล 613 คน โรงเรียนสิงห์สมุทร 687 คน โรงเรียนระยองวิทยาคม 673 คน โรงเรียนบางละมุง 394 คน โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา 276 คน โรงเรียนปลวกแดงพิทยาคม 213 คน โรงเรียนมกุฎเมืองราชวิทยาลัย 118 คน โรงเรียนบึงศรีราชาพิทยาคม 116 คน โรงเรียนระยองวิทยาคม (นิคมอุตสาหกรรม) 46 คน และโรงเรียนหนองใหญ่ศิริวราวิทวิทยา 90 คน ต่อมาจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G*power โดยกำหนดค่า Effect size = .15, Alpha = .05 เพื่อหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 567 คน แต่ผู้วิจัยต้องการเก็บ 701 เพื่อการแบ่งสัดส่วนที่เท่ากันและความแม่นยำมากขึ้น และเพื่อชดเชยกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสุ่มมาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ ตามขนาดโรงเรียน คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ ดังนี้

ขนาดใหญ่พิเศษ มีจำนวนประชากร 6,413 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 415 คน

ขนาดใหญ่ มีจำนวนประชากร 2,580 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 184 คน

ขนาดกลาง มีจำนวนประชากร 2,267 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 72 คน

ขนาดเล็ก มีจำนวนประชากร 310 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 30 คน

รายละเอียดจำนวนกลุ่มตัวอย่างดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ขนาดโรงเรียน	โรงเรียน	กลุ่มที่ 1 สำรวจ	กลุ่มที่ 2 หาคุณภาพ		กลุ่มที่ 3 วินิจฉัย
			ทดลองใช้ ครั้งที่ 1	ทดลองใช้ ครั้งที่ 2	
โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ	ชลราษฎรอำรุง	-	20	-	-
	ชลกันยานุกูล	25	25	25	129
	ศรีราชา	-	20	-	-
	สิงห์สมุทร	-	-	-	145
	ระยองวิทยาคม	-	-	-	141
โรงเรียนขนาดใหญ่	บางละมุง	25	25	-	82
	บ้านฉางกาญจนกุลวิทยา	-	20	-	58
	ปลวกแดงพิทยาคม	-	-	25	44
	สุรศักดิ์วิทยา	-	20	-	-
โรงเรียนขนาดกลาง	มงกุฎเมืองราชวิทยาลัย	25	25	-	25
	อ่างศิลาพิทยาคม	-	20	-	-
	สุนทรภู่พิทยาคม	-	-	25	22
	บึงศรีราชาพิทยาคม	-	20	-	25
โรงเรียนขนาดเล็ก	ระยองวิทยาคม				
	นิคมอุตสาหกรรม	-	20	-	12
	หนองใหญ่สิริวราวิทวิทยา	25	25	-	18
	คลองกิ่วยิ่งวิทยา	-	20	-	-
	เกาะจันทร์พิทยาคาร	-	-	25	-
	รวม	100	260	100	701

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้ามี ดังนี้

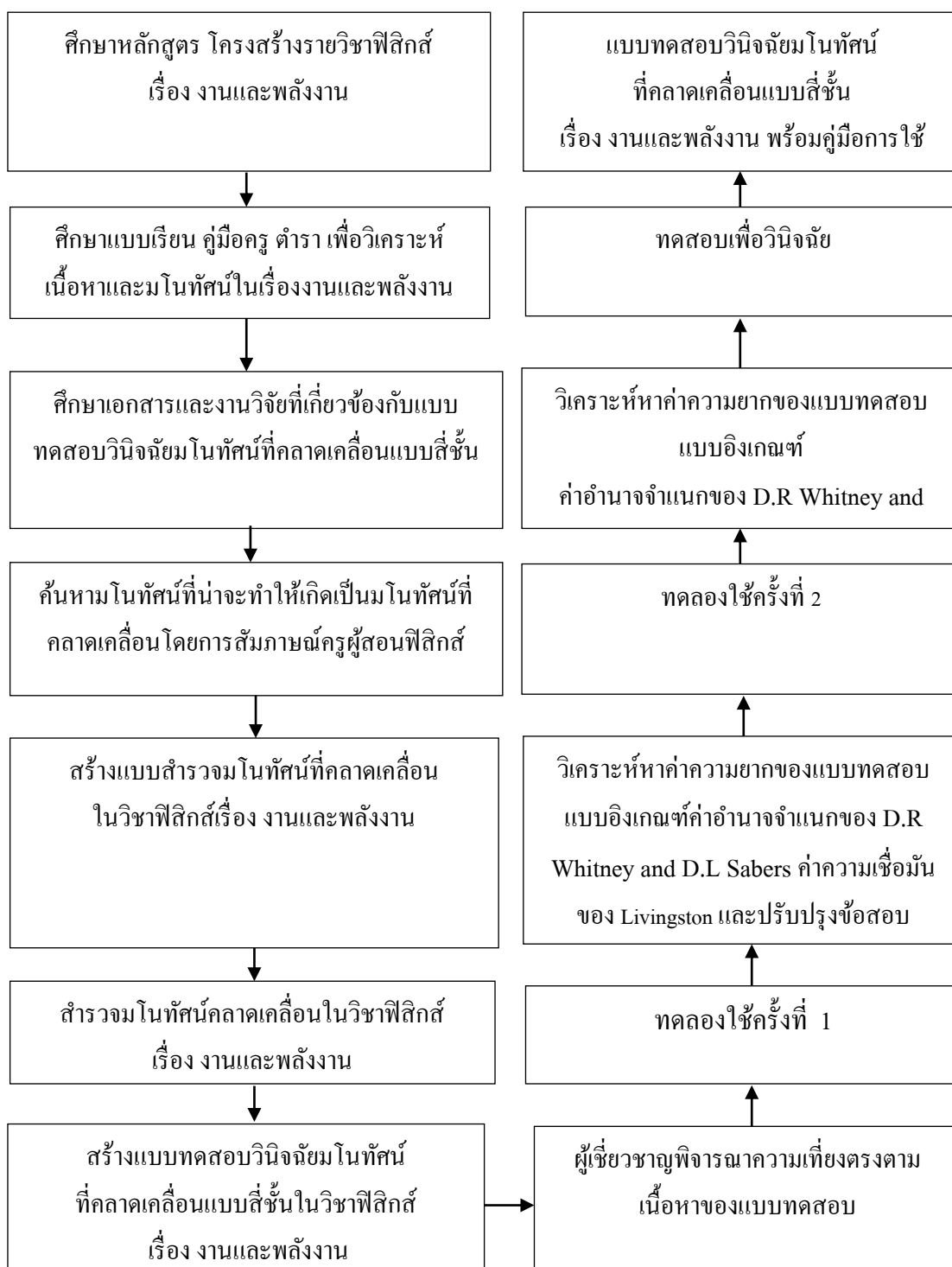
1. แบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยมีลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบเติมคำลงในช่องว่าง พร้อมบอกเหตุผลประกอบการตอบ หรือแสดงวิธีคิด เพื่อใช้ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น ในเรื่องงานและพลังงาน จำนวน 20 ข้อ

2. แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น โดยชั้นที่หนึ่งเป็นคำถามที่ต้องการจะวัด เรื่อง งานและพลังงาน ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ส่วนคำถามในชั้นที่สองจะถามถึงระดับความมั่นใจในการตอบคำถามในชั้นที่หนึ่ง คำถามในชั้นที่สามจะถามถึงเหตุผลในการตอบคำถามในชั้นที่หนึ่ง และคำถามชั้นที่สี่จะถามถึงระดับความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่สาม

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วิธีดำเนินการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้น

ลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น



ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการรวบรวมข้อมูลรายละเอียด ต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักสูตร โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 เรื่องงานและพลังงานเพื่อจะได้ทราบขอบเขตแบบทดสอบ
2. ศึกษาแบบเรียน คู่มือครู ตำรา เพื่อวิเคราะห์เนื้อหา และมโนทัศน์ในเรื่อง งานและพลังงานเพื่อนำมาสร้างเป็นแบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น
4. ค้นหามโนทัศน์ที่น่าจะทำให้เกิดเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ในเรื่อง งานและพลังงาน และสัมภาษณ์ครูจำนวน 5 คน ที่มีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์ในเรื่อง งานและพลังงานเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสำรวจวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับนักเรียน
5. สร้างแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน โดยแบบสำรวจเป็นแบบทดสอบแบบเขียนแสดงคำตอบพร้อมบอกเหตุผลประกอบการตอบ หรือแสดงวิธีคิด

ตารางที่ 3-2 มโนทัศน์ที่ใช้ในการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน

มโนทัศน์	จำนวนข้อ
งาน	2
กำลัง	2
พลังงานจลน์ (E_k) พลังงานศักย์ (E_p)	7
กฎการอนุรักษ์พลังงาน	3
เครื่องกล	3
แรงอนุรักษ์	1
การได้เปรียบเชิงกล	2
รวม	20

6. นำแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เนื่องจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เคยผ่านการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ในเรื่องงานและพลังงาน จึงเลือกสำรวจระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพราะนักเรียนจะมีโนทัศน์เรื่องนี้ ได้แก่ โรงเรียนชลกันยานุกูล บางละมุง มงกุฎ เมืองราชวิทยาลัย และหนองใหญ่ศิริรวิวาทวิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 100 คน

7. วิเคราะห์เนื้อหาสาระสำคัญจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จากมาตรฐานและตัวชี้วัด วางโครงสร้างเนื้อหาของแบบทดสอบ กำหนดจำนวนข้อให้สอดคล้องกับข้อคำถามที่จะวัดมโนทัศน์

8. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 20 ข้อ จากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูที่มีประสบการณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ และจากแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในข้อที่นักเรียนส่วนมากตอบผิดหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยได้มาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกณฑ์การให้คะแนน

สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนและแปลความหมายคะแนนของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบ 4 ชั้น มีเกณฑ์ดังตาราง L Maharani et al. (2019, p. 65)

ตารางที่ 3-3 การตีความผลการทดสอบการวินิจฉัยสี่ระดับ

ประเภทมโนทัศน์	ประเภทของคำตอบ			
	คำตอบ	การจัดอันดับความมั่นใจ	เหตุผล	การจัดอันดับความมั่นใจ
	(1)	(2)	(3)	(4)
ความเข้าใจ	ถูก	CRI >2.5	ถูก	CRI >2.5
	ถูก	CRI >2.5	ถูก	CRI ≤ 2.5
	ถูก	CRI >2.5	ผิด	CRI ≤ 2.5
	ถูก	CRI ≤ 2.5	ถูก	CRI >2.5

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ประเภท มโนทัศน์	ประเภทของคำตอบ			
	คำตอบ	การจัดอันดับ ความมั่นใจ	เหตุผล	การจัดอันดับ ความมั่นใจ
	(1)	(2)	(3)	(4)
ไม่เข้าใจแนวคิด	ถูก	$CRI \leq 2.5$	ถูก	$CRI \leq 2.5$
	ถูก	$CRI \leq 2.5$	ผิด	$CRI \leq 2.5$
	ผิด	$CRI > 2.5$	ถูก	$CRI \leq 2.5$
	ผิด	$CRI > 2.5$	ผิด	$CRI \leq 2.5$
	ผิด	$CRI \leq 2.5$	ถูก	$CRI \leq 2.5$
	ผิด	$CRI \leq 2.5$	ผิด	$CRI \leq 2.5$
	ถูก	$CRI > 2.5$	ผิด	$CRI > 2.5$
เข้าใจแนวคิดผิด	ถูก	$CRI \leq 2.5$	ผิด	$CRI > 2.5$
	ผิด	$CRI > 2.5$	ผิด	$CRI > 2.5$
	ผิด	$CRI \leq 2.5$	ผิด	$CRI > 2.5$
ความผิดพลาด	ผิด	$CRI > 2.5$	ถูก	$CRI > 2.5$
	ผิด	$CRI \leq 2.5$	ถูก	$CRI > 2.5$

ที่มา: L Maharani et al. (2019, p. 65)

การตีความผลการทดสอบการวินิจฉัยระดับจากตาราง สามารถตีความออกมาได้ 4 ประเภท ได้แก่ 1) ความเข้าใจ 2) ไม่เข้าใจแนวคิด 3) เข้าใจแนวคิดผิด 4) ความผิดพลาด

1. ความเข้าใจ

ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) มากกว่า 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

2. ไม่เข้าใจแนวคิด

2.1 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) มากกว่า 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.5

3.2 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

3.3 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) มากกว่า 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

3.4 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

4. ความผิดพลาด

4.1 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) มากกว่า 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

4.2 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

9. นำแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ขั้นที่สร้างขึ้น ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัดผล 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ 3 ท่าน พิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index Of Consistency: IOC) โดยคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป

10. แก้ไข ปรับปรุงแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ขั้น ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

11. นำแบบทดสอบวินิจฉัยไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพรายข้อ และตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 260 คน นำผลการทดสอบ มาตรวจสอบคุณภาพรายข้อ หาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก ตั้งแต่ .20-.80 โดยมีเกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก D.R Whitney and D.L Sabers (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2548, หน้า 109) และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป D.R Whitney and D.L Sabers (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2548, หน้า 109) ส่วนข้อสอบที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์นำไปปรับปรุงและตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ โดยการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีการหาความเชื่อมั่นจากสูตรของ ลิวิง สตัน เนื่องจากการทดสอบเพียงครั้งเดียว และหาค่า

คะแนนจุดตัดตามวิธีของ แองกอฟฟ์ (Angoff) เพื่อใช้ในการตัดสินการผ่านเกณฑ์หรือไม่ผ่านเกณฑ์ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 ท่าน พิจารณาข้อสอบถึงความน่าจะเป็นในการตอบถูกทั้งสี่ชั้นของผู้ที่มีความรู้ แล้วหาค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นนำมาเป็นคะแนนจุดตัด

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก

ดัชนีค่า p	ความหมาย
มากกว่า .80	ข้อสอบง่ายเกินไป
.60-.80	ข้อสอบค่อนข้างง่าย
.40-.59	ข้อสอบยากปานกลาง
.20-.39	ข้อสอบค่อนข้างยาก
ต่ำกว่า .20	ข้อสอบยากมากเกินไป

ที่มา: นัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2548, หน้า 109)

ตารางที่ 3-5 เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก	ความหมาย
1.00	จำแนกได้ดีเลิศ
.80-.99	จำแนกได้ดีมาก
.60-.79	จำแนกได้ดี
.40-.59	จำแนกได้ปานกลาง
.20-.39	จำแนกได้เล็กน้อย
ต่ำกว่า .10	จำแนกไม่ได้เลย

ที่มา: นัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2548, หน้า 109)

12. นำแบบทดสอบวินิจฉัยที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้แบบทดสอบวินิจฉัย ครั้งที่ 2 กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 100 คน

13. นำข้อสอบที่ผ่านการหาคุณภาพ มาหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างโดยวิธีการหาความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) กับคะแนนชั้นที่ 3 (TT) (Cataloglu, 2002)

14. นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 3 เพื่อใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 701 คน

15. แปลผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

16. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ใช้สามารถดำเนินการวินิจฉัยตามความมุ่งหมายของผู้วิจัยในครั้งนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ติดต่อขอรับหนังสือจากคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อขอความร่วมมือจากโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมกำหนด วันและเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้โรงเรียนทราบ

2. ทำการติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่เราเลือกเก็บข้อมูลเพื่อขอความร่วมมือในการทำแบบทดสอบ นัดวันและเวลาในการทำแบบทดสอบ

3. จัดเตรียมข้อสอบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแบบทดสอบให้พร้อมและเพียงพอสำหรับทำการทดสอบ

4. ขอความร่วมมือครูประจำวิชาช่วยเหลือ กวดขัน ให้นักเรียนทำแบบทดสอบด้วยความตั้งใจ ไม่ลอกคำตอบ

5. ดำเนินการสอบโดยแจ้งวัตถุประสงค์ของการสอบและอธิบายชี้แจงในการสอบให้นักเรียนทุกคนเข้าใจ กำชับให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการทำแบบทดสอบวินิจฉัยแล้วดำเนินการสอบตามแบบทดสอบ โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

5.1 นำแบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน เพื่อสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียน ข้อบกพร่องและรวบรวมคำตอบผิด

5.2 นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นไปทดลองใช้

5.3 นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นที่ผ่านการทดลองใช้ทั้ง 2 ครั้ง มาใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปี การศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 701 คน

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์และแจกแจงความถี่คำตอบที่ผิดของนักเรียนในการตอบแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
2. หาคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ
 - 2.1 ค่าความยากของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้น
 - 2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้น
3. หาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ
 - 3.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้น
 - 3.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้น
 - 3.3 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้น
 - 3.4 หาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบ
4. หาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5. วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
6. จัดทำคู่มือการใช้งานแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ค่าความยากของแบบทดสอบสูตรของ D.R. Whitney and D.L. Sabers
(จักรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2548, หน้า 109)

$$s \cos P_E = \frac{S_U + S_L - (2N \times X_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})}$$

- เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความง่าย
- S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
- S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
- X_{max} แทน คะแนนสูงสุด
- X_{min} แทน คะแนนต่ำสุด
- N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

3. ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ สูตรของ D.R Whitney and D.L Sabers
(นัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2548, หน้า 109)

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

เมื่อ D แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
 S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
 S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
 N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
 X_{max} แทน คะแนนสูงสุด
 X_{min} แทน คะแนนต่ำสุด

4. ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ

4.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ ใช้สูตรของโรวินลลี และแฮมเบลตัน
(ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, หน้า 248) ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1

$\sum R$ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4.2 ค่าความตรงตามสภาพของแบบทดสอบ (Concurrent validity) โดยใช้สูตร
การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาที, 2556, หน้า 252-254)

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

เมื่อ r_{xy} แทน ค่าความตรงตามสภาพของแบบเพียร์สัน

$\sum x, \sum y$ แทน ผลรวมจากคะแนนจากการสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2
ที่ทดสอบกลุ่มเดียวกัน

$\sum x^2 \sum y^2$ แทน ผลรวมกำลังสองของคะแนนจากการสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

$\sum xy$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ของแต่ละคน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์

5. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว การหาค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว ความเชื่อมั่นจากสูตรของลิวิงสตัน (Livingston, 1972 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, หน้า 236)

$$r_{cc} = \frac{\sigma^2(KR.20) + (\mu - KC)^2}{\sigma^2 + (\mu - KC)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

α^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

C แทน สัดส่วนของเกณฑ์ที่ผ่าน

μ แทน คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

KR-20 แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่หาจากสูตร KR-20

6. คะแนนจุดตัดในการวินิจฉัย (Cut-off score) กำหนดคะแนนจุดตัดเพื่อใช้

ในการวินิจฉัยจุดบกพร่องในการทำแบบทดสอบ โดยคำนวณตามวิธีของแองกอฟฟ์ (Angoff) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชานั้น โดยพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อว่า ผู้ที่มีความรู้มีค่าความน่าจะเป็น (โอกาสที่จะตอบถูก) ในการตอบถูกข้อนั้นอย่างน้อยเท่าไร แล้วหาค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นเป็นคะแนนจุดตัด) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, หน้า 270-271)

$$C = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ C แทน คะแนนเกณฑ์ขั้นต่ำ

$\sum X$ แทน ผลรวมคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

X แทน ความน่าจะเป็นที่นักเรียนคาบเส้นจะตอบข้อนั้นถูก

7. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard error of measurement) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแบบสอบ (SEM) เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบ แต่คะแนนความคลาดเคลื่อนของแบบทดสอบไม่สามารถหาได้ แต่สามารถ

คำนวณหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด โดยใช้ค่าความเที่ยง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสอบ (สุริพร อนุศาสนนันท์, 2558, หน้า 184)

$$SEM = SD \sqrt{1 - r_{tt}}$$

เมื่อ SEM แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสอบ

r_{tt} แทน ค่าความเที่ยงของแบบสอบ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นในด้านความยาก อำนาจจำแนก ความตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ และสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

สัญลักษณ์และตัวย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายในการวิเคราะห์ข้อมูล จึงได้กำหนดสัญลักษณ์ และตัวย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

p	แทน	ค่าความยากของข้อสอบ
B	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
k	แทน	จำนวนข้อสอบแต่ละฉบับ
r_{cc}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
SD	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
\bar{X}	แทน	คะแนนเฉลี่ย
Min	แทน	ค่าคะแนนต่ำสุดของการทำแบบทดสอบ
Max	แทน	ค่าคะแนนสูงสุดของการทำแบบทดสอบ
FT	แทน	ชั้นที่ 1
ST	แทน	ชั้นที่ 2
TT	แทน	ชั้นที่ 3
FoT	แทน	ชั้นที่ 4
$BT1$	แทน	ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2
$BT2$	แทน	ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3
$BT3$	แทน	ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4
AT	แทน	ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และร่วมกับชั้นที่ 4

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย

ตอนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ตอนที่ 4 ผลการสร้างเกณฑ์และคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย

ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยผู้วิจัยได้ทำการสำรวจ เพื่อหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ของนักเรียนโดยสร้างแบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยมีลักษณะของแบบทดสอบเป็น โจทย์แล้วเขียนแสดงคำตอบ แบบคำถามปลายเปิด พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบในการตอบ หรือแสดงวิธีคิดเพื่อใช้ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในเรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 20 ข้อ

1. ผลสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องงานและพลังงาน

นำแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน นำผลการทดสอบสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียนมาวิเคราะห์เพื่อรวบรวมคำตอบผิด และค้นหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการตอบผิดนั้น เพื่อคัดเลือกคำตอบที่ผิดมาสร้างเป็นตัวลงในแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง งานและพลังงาน

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
1. ความหมายของงาน (ข้อใดต่อไปนี้เป็นกิจกรรมที่ไม่เกิดงานในทางฟิสิกส์)	- เด็กชายเดินแบกเก้าอี้ไปตามถนนราบ - ผลการออกแรงกระทำต่อวัตถุ แล้ววัตถุเคลื่อนที่ได้ในแนวแรง - งานเกิดจากแรงคูณด้วยระยะทางที่ตั้งฉากกับแนวแรง	- ยกของจากพื้นขึ้นไว้บนโต๊ะ - เ็นรถให้เคลื่อนที่ - เด็กเดินขึ้นบันไดจากชั้นล่างขึ้นบน	17 12 7 5
2. วิเคราะห์สถานการณ์การเกิดงาน (สถานการณ์ต่อไปนี้งานในข้อใดมีค่าเป็นศูนย์)	- สมชายนั่งแบกของบนรถที่กำลังเคลื่อนที่บนถนนราบ	- การยกกล่องนมขึ้นไปวางบนหลังตู้เย็น - ขว้างลูกบอล - ดึงเชือกออกจากมือเพื่อน - ยกของจากพื้น - เ็นรถยนต์ให้เคลื่อนที่	12 11 7 5 5
3. การหาคำล้างของงาน (ยกของมวล 100 กิโลกรัม ขึ้นสูง 10 เมตร ในเวลา 20 วินาที จงหาคำล้างของการยกของครั้งนี้)	- 500 วัตต์	- 50 วัตต์ - 200 วัตต์ - 400 วัตต์ -1000 วัตต์	25 15 20 5

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
4. การหาค่ากำลังเฉลี่ย (กำลังเฉลี่ย เกี่ยวข้องกับ ปริมาณใด)	- งานที่ทำได้กับช่วงเวลาที่ใช้	- แรงที่ได้กับช่วงเวลาที่ใช้	12
	- กำลังเฉลี่ยคืองานที่ทำได้ใน หนึ่งหน่วยเวลา	- ความเร็วที่ทำได้กับ ช่วงเวลาที่ใช้	13
		- พลังงานที่ทำได้กับ ช่วงเวลาที่ใช้	15
		- การเกิดงาน	7
5. พลังงานศักย์โน้ม ถ่วงของวัตถุนบนผิว โลกและบนผิว ดวงจันทร์ (วัตถุ มวล m อยู่สูงจาก พื้นเป็นระยะทาง h พลังงานศักย์ โน้มถ่วงของวัตถุ บนผิวโลกและบน ผิวดวงจันทร์จะ มีค่าเท่ากัน หรือไม่)	- พลังงานศักย์โน้มถ่วงของ วัตถุนบนผิวโลกจะมีค่า มากกว่าบนผิวดวงจันทร์	- พลังงานศักย์โน้มถ่วงของ วัตถุนบนผิวโลกจะมีค่า น้อยกว่าบนผิวดวงจันทร์	22
		- พลังงานศักย์โน้มถ่วงของ โลกจะมีค่าลดลง ครึ่งหนึ่งของผิว ดวงจันทร์	15
		- พลังงานศักย์โน้มถ่วง บนผิวโลกและดวงจันทร์ มีค่าเท่ากัน	8
6. ความหมายของ พลังงานจลน์ (ข้อใดกล่าวถึง ความหมายของ พลังงานจลน์ได้ ถูกต้อง)	- พลังงานของวัตถุที่กำลัง เคลื่อนที่	- พลังงานของวัตถุที่กำลัง หยุดนิ่ง	7
		- พลังงานของวัตถุที่กำลัง จะเคลื่อนที่	8
		- พลังงานของวัตถุที่กำลัง ตกจากที่สูง	7

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่	
7. ความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์มวลและความเร็ว (วัตถุก้อนหนึ่งเดิมมีความเร็ว v ต่อมาความเร็วเปลี่ยนเป็น $2v$ ของมวลตอนแรกแล้วให้วัตถุ ตอนหลังมีความเร็ว V เท่าเดิม อยากรทราบ ว่าพลังงานจลน์ของวัตถุเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าไร)	- ลดลง $1/2$ เท่าของตอนแรก	- ลดลง $1/6$ เท่าของตอนแรก	12	
		- เพิ่มขึ้น 2 เท่าของตอนแรก	27	
		- พลังงานจลน์ไม่เปลี่ยนแปลง	8	
		- เพิ่มขึ้น $1/2$ เท่าของตอนแรก	5	
8. การเกิดพลังงานศักย์โน้มถ่วง (เมื่อวางวัตถุไว้บนโต๊ะจะส่งผลให้เกิดพลังงานใด)	- พลังงานศักย์ คือ พลังงานที่อยู่ในวัตถุ เนื่องจากตำแหน่งหรือสภาพของวัตถุ แบ่งได้เป็น พลังงานศักย์โน้มถ่วง	- พลังงานจลน์ - พลังงานกล - พลังงานเสียง - พลังงานสปริง - ไม่เกิดพลังงาน	21 33 3 2 2	
	9. สถานการณ์การเกิดพลังงานศักย์ (วัตถุในข้อใดมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง)	- โองน้ำวางบนพื้นปูน	- รถยนต์กำลังวิ่งด้วยความเร็วอยู่บนถนน - ผลไม้กำลังตกบนพื้นดิน - ออกแรงเข็นรถไปตามพื้นราบ - การปั่นจักรยาน	30 39 17 4

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
10. การหาพลังงาน ศักย์โน้มถ่วง (วัตถุมวล 5 กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัม ตกอย่าง อิสระจากที่สูง 10 เมตรและ 5 เมตร ตามลำดับ พลังงานศักย์ ที่เกิดขึ้นเป็น เท่าใด)	- วัตถุทั้งสองมีความเร่งเท่ากัน และพลังงานศักย์โน้มถ่วง ที่ตำแหน่งเริ่มต้นเท่ากัน	- วัตถุทั้งสองจะตกถึงพื้น พร้อมกัน - วัตถุทั้งสองมีความเร็ว สุดท้ายเท่ากัน - วัตถุทั้งสองมีพลังงาน จลน์และพลังงานศักย์ เท่ากันที่ระดับความสูง เดียวกัน	14 9 12
11. การเกิดพลังงาน ศักย์ยืดหยุ่น (ข้อใดต่อไปนี้ กล่าวถึงพลังงาน ศักย์ยืดหยุ่นได้ ถูกต้องที่สุด)	- พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ พลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุ ที่ถูกทำให้ยืดตัวออกหรือหด ตัวลง	- พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ พลังงานของวัตถุนั้น ๆ ที่เคลื่อนที่กลับไปมา - พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ ค่าคงที่ ที่เปลี่ยนแปลง ตามความเร็ว - พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ สามารถเปลี่ยนแปลงตาม แรงโน้มถ่วงของโลก	21 17 5

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
12. กฎการอนุรักษ์พลังงาน (ข้อใดต่อไปนี้อธิบายถึงกฎการอนุรักษ์พลังงานได้ถูกต้อง)	- กฎการอนุรักษ์พลังงาน คือ พลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสร้างขึ้นได้ และไม่สามารทำให้สูญหายไป	- กฎการอนุรักษ์พลังงาน คือ พลังงานมีการสูญหาย และสามารถเกิดขึ้นมาใหม่ได้	7
	- การเคลื่อนที่อย่างอิสระ ภายใต้แรงโน้มถ่วงโลกโดยไม่มีแรงภายนอกกระทำ วัตถุ พลังงานกลรวมของ วัตถุมีค่าคงตัวเสมอ	- กฎการอนุรักษ์พลังงาน คือ เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำส่งผลให้พลังงานจะเปลี่ยนรูป	15
		- กฎการอนุรักษ์พลังงาน คือ พลังงานจะเกิดการเปลี่ยนรูป และผลรวมของพลังงานจะเปลี่ยนไปตามรูปแบบที่เปลี่ยน	12
13. สมการกฎอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ไม่มีแรงภายนอกกระทำ (ข้อใดคือสมการกฎอนุรักษ์พลังงานที่ตำแหน่ง A และตำแหน่ง B ในกรณีที่ไม่มีแรงภายนอกกระทำ)	- $E_A = E_B$	- $E_A > E_B$	7
		- $E_A < E_B$	9
		- $E_A + W = E_B$	4

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
14. การเปลี่ยนรูปพลังงานตามกฎหมายการอนุรักษ์พลังงาน (สถานการณ์การผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำในเขื่อนข้อใดต่อไปนี้กล่าวถึงการเปลี่ยนรูปพลังงานที่ถูกต้องตามกฎหมายการอนุรักษ์พลังงาน)	- มีการเปลี่ยนรูปจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์	- การเปลี่ยนจากพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมี - มีการเปลี่ยนรูปจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานไฟฟ้า - มีการเปลี่ยนรูปจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง	6 12 11
15. หลักการของเครื่องกลผ่อนแรง (การใช้เสียมงัดดินเป็นการใช้หลักการของเครื่องกลผ่อนแรงชนิดใด)	- คาน	- ลิ่ม - พื้นเอียง - สกรู - ล้อและเพลา	17 12 4 2

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
16. เครื่องกลผ่อนแรง คาน (คานในข้อใดออกแรงน้อยที่สุด ถ้าแรงพยายามและแรงต้านทานมีน้ำหนักเท่ากัน)	- แรงพยายามอยู่ห่างจากจุดหมุนมาก ๆ และแรงต้านอยู่ใกล้ ๆ จุดหมุน	- แรงพยายามอยู่ใกล้จุดหมุนมาก ๆ	9
		- แรงพยายามอยู่ระหว่างจุดหมุนและแรงต้านทาน	4
		- ทุกตำแหน่งผ่อนแรงได้เท่ากัน	2
17. เครื่องกลผ่อนแรง รอก (รอกในข้อใดมีประสิทธิภาพสูงในการใช้งาน)	- รอกลิ้นและคล้อง	- รอกที่มีขนาดเล็ก	14
		- รอกที่มีขนาดใหญ่	23
		- รอกที่คล้องด้วยเชือกยาว	18
18. ความหมายของแรงอนุรักษ์ (ข้อใดอธิบายแรงอนุรักษ์ได้ถูกต้องที่สุด)	- แรงที่ทำให้เกิดงานโดยไม่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการเคลื่อนที่	- แรงที่ทำให้เกิดงานเกี่ยวข้องกับเส้นทางการเคลื่อนที่	9
		- แรงที่ไม่ทำให้เกิดงานเกี่ยวข้องกับเส้นทางการเคลื่อนที่	3
		- แรงของงานอนุรักษ์ทำให้พลังงานกลของวัตถุเปลี่ยนไป	5

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
19. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร	- แตกต่างกัน ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบที่งาน ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบที่แรง	- ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบแรงที่ได้จากเครื่องกลต่อแรงที่ทำให้แก่เครื่องกล ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบกำลังที่ได้จากเครื่องกลต่อกำลังที่ใส่ให้เครื่องกล	3
		- ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากเครื่องกลต่อแรงที่ทำให้แก่เครื่องกลส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากเครื่องกลต่อกำลังที่ใส่ให้เครื่องกล	4
		- พลังงานที่ให้กับเครื่องกลจะสูญหายกลายเป็นพลังงานอื่น ๆ ได้	7

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
20. การได้เปรียบ	- เครื่องกลช่วยผ่อนแรง	- เครื่องกลไม่ช่วยผ่อนแรง	14
เชิงกลของ		- ช่วยให้ทำงานสะดวกขึ้น	8
เครื่องกล		แต่ไม่ผ่อนแรง	
อย่างง่าย		- เครื่องกลไม่ช่วยผ่อนแรง	5
(การได้เปรียบ		และยังสูญเสียพลังงาน	
เชิงกลของ			
เครื่องกลอย่าง			
ง่ายชนิดหนึ่งมี			
ค่ามากกว่า 1			
แสดงว่า			
เครื่องกลนั้นเป็น			
อย่างไร)			

จากตารางที่ 4-1 สรุปรวมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ได้นำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากคำตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิด นำมาสร้างเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น จำนวน 20 ข้อ โดยลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ชั้นที่สร้างขึ้น ชั้นที่หนึ่งเป็นข้อสอบแบบตัวเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยคำถามได้มาจากแบบสำรวจที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิด และตัวลงได้มาจากการรวบรวมคำตอบผิดของนักเรียนในแบบสำรวจเช่นกัน ชั้นที่สองถามหาระดับความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่หนึ่งซึ่งมี 6 ระดับความมั่นใจ คือ คาดเดา เกือบคาดเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ มั่นใจมาก และมั่นใจมากที่สุด ชั้นที่สามเป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนการตอบคำถามในชั้นที่หนึ่ง มีลักษณะเป็นสี่ตัวเลือก โดยมีเหตุผลที่ถูกต้องเพียงเหตุผลเดียว นอกนั้นเป็นตัวลงที่ได้จากการรวบรวมเหตุผลที่ผิด ที่นักเรียนได้ทำในแบบสำรวจมโนทัศน์ และชั้นที่สี่เป็นการยืนยันระดับความมั่นใจในชั้นที่สามซึ่งมีหกระดับความมั่นใจ คือ คาดเดา เกือบคาดเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ มั่นใจมาก และมั่นใจมากที่สุด โดยในบางคำตอบที่ไม่ชัดเจน ได้สัมภาษณ์ครูผู้สอนและนักเรียนเพิ่มเติมทำให้ทราบถึงข้อบกพร่องต่าง ๆ

2. ผลการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่อง งานและพลังงาน เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบสี่ชั้น จำนวน 20 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อจะมีโครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ชั้นดังนี้

1. ชั้นที่หนึ่ง ประกอบด้วย คำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก คือ ก ข ค ง

2. ชั้นที่สอง ระดับความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่หนึ่ง มี 6 ระดับ

ก = คาดเดา ข = เกือบคาดเดา ค = ไม่มั่นใจ ง = มั่นใจ จ = มั่นใจมาก และ ฉ = มั่นใจมากที่สุด

3. ชั้นที่สาม ประกอบด้วย เหตุผลที่ถูกต้องสำหรับคำตอบชั้นแรก มี 4 ตัวเลือก คือ

ก ข ค ง

4. ชั้นที่สี่ ระดับความมั่นใจในการตอบเหตุผลชั้นที่สาม มี 6 ระดับ

ก = คาดเดา ข = เกือบคาดเดา ค = ไม่มั่นใจ ง = มั่นใจ จ = มั่นใจมาก และ ฉ = มั่นใจมากที่สุด

ตัวอย่างข้อสอบ

1. วัตถุมวล m อยู่สูงจากพื้นเป็นระยะทาง h พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนบนผิวโลก และบนผิวดวงจันทร์จะมีค่าเท่ากันหรือไม่

ก. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนบนผิวโลกจะมีค่าน้อยกว่าบนผิวดวงจันทร์

ข. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนบนผิวโลกจะมีค่ามากกว่าบนผิวดวงจันทร์

ค. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของโลกจะมีค่าลดลงครึ่งหนึ่งของผิวดวงจันทร์

ง. พลังงานศักย์โน้มถ่วงบนผิวโลกและดวงจันทร์มีค่าเท่ากัน

2. ความมั่นใจในการตอบคำถาม

ก. คาดเดา

ข. เกือบคาดเดา

ค. ไม่มั่นใจ

ง. มั่นใจ

จ. มั่นใจมาก

ฉ. มั่นใจมากที่สุด

3. เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม

ก. เพราะ g บนผิวโลกมากกว่า g บนผิวดวงจันทร์

ข. เพราะ g บนผิวโลกน้อยกว่า g บนผิวดวงจันทร์

ค. เพราะ g บนผิวโลกมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของ g บนผิวของดวงจันทร์

ง. ค่า g บนผิวโลกและผิวของดวงจันทร์มีค่าเท่ากัน

4. ความมั่นใจในการตอบเหตุผล

- | | | |
|-----------|----------------|--------------------|
| ก. คาดเดา | ข. เกือบคาดเดา | ค. ไม่มั่นใจ |
| ง. มั่นใจ | จ. มั่นใจมาก | ฉ. มั่นใจมากที่สุด |

เฉลย

- 1.1 ข
1.2 ง, จ, ฉ
1.3 ก
1.4 ง, จ, ฉ

รายละเอียดการตรวจให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ โดยแต่ละข้อมีการให้คะแนนแต่ละชั้น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น ดังนี้

- คะแนนชั้นที่ 1 (FT) ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นแรก ถ้านักเรียนตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด 0 คะแนน
- คะแนนชั้นที่ 2 (ST) ในชั้นที่ 2 ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นที่ 1 ถ้านักเรียนตอบ “คาดเดา” ได้ 0 คะแนน “เกือบคาดเดา” ได้ 1 คะแนน “ไม่มั่นใจ” ได้ 2 คะแนน “มั่นใจ” ได้ 3 คะแนน “มั่นใจมาก” ได้ 4 คะแนน “มั่นใจมากที่สุด” ได้ 5 คะแนน
- คะแนนชั้น 3 (TT) คะแนนในชั้นที่ 3 ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นที่ 3 ถ้านักเรียนตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด 0 คะแนน
- คะแนนชั้นที่ 4 (FoT) คะแนนในชั้นที่ 4 ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นที่ 4 ถ้านักเรียนตอบ “คาดเดา” ได้ 0 คะแนน “เกือบคาดเดา” ได้ 1 คะแนน “ไม่มั่นใจ” ได้ 2 คะแนน “มั่นใจ” ได้ 3 คะแนน “มั่นใจมาก” ได้ 4 คะแนน “มั่นใจมากที่สุด” ได้ 5 คะแนน
- คะแนนจากทั้งสี่ชั้น (AT) ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งชั้นที่ 1 ระดับความมั่นใจในชั้นที่ 2 มากกว่าหรือเท่ากับมั่นใจ ตอบถูกชั้นที่ 3 และระดับความมั่นใจชั้นที่ 4 มากกว่าหรือเท่ากับมั่นใจ จะได้คะแนน 1 คะแนน
- คะแนนเต็มหนึ่งข้อ 12 คะแนน ชั้นที่หนึ่ง 1 คะแนน ชั้นที่สอง 5 คะแนน ชั้นที่สาม 1 คะแนน และชั้นที่สี่ 5 คะแนน
(รายละเอียดข้อสอบทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก ข)

ตอนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

1. นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ขั้นที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คนตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับมโนทัศน์ เรื่อง งานและพลังงาน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง .80 ถึง 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นมีความตรงเชิงเนื้อหา ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวินิจฉัยกับมโนทัศน์

มโนทัศน์	ค่าเฉลี่ยผลการพิจารณา	ผลการพิจารณา
1. ความหมายของงานในทางฟิสิกส์	1.00	สอดคล้อง
2. การเกิดงานมีค่าเป็นศูนย์	.80	สอดคล้อง
3. การหาค่าล้าง	1.00	สอดคล้อง
4. การหาค่าล้างเฉลี่ย	1.00	สอดคล้อง
5. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุดิบผิวโลกและบนผิวดวงจันทร์	1.00	สอดคล้อง
6. ความหมายของพลังงานจลน์	.80	สอดคล้อง
7. ความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์กับความเร็ว	1.00	สอดคล้อง
8. การเกิดพลังงานศักย์โน้มถ่วง	1.00	สอดคล้อง
9. สถานการณ์การเกิดพลังงานศักย์	.80	สอดคล้อง
10. การหาพลังงานศักย์โน้มถ่วง	1.00	สอดคล้อง
11. การเกิดพลังงานศักย์ยืดหยุ่น	1.00	สอดคล้อง
12. กฎการอนุรักษ์พลังงาน	1.00	สอดคล้อง
13. สมการกฎอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ไม่มีแรงภายนอกกระทำ	1.00	สอดคล้อง
14. การเปลี่ยนรูปพลังงานตามกฎการอนุรักษ์	1.00	สอดคล้อง
15. พลังงานหลักการของเครื่องกลผ่อนแรง	1.00	สอดคล้อง
16. เครื่องกลผ่อนแรง (คาน)	1.00	สอดคล้อง

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

มโนทัศน์	ค่าเฉลี่ยผลการพิจารณา	ผลการพิจารณา
17. เครื่องกลผ่อนแรง (รอก)	1.00	สอดคล้อง
18. ความหมายของแรงอนุรักษ์	1.00	สอดคล้อง
19. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพ ของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกล	1.00	สอดคล้อง
20. การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย	1.00	สอดคล้อง
เฉลี่ย	1.00	สอดคล้อง

ตารางที่ 4-3 ผลการปรับแก้ข้อสอบตามข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญ

มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับแก้ตาม ข้อเสนอผู้เชี่ยวชาญ
1. ความหมายของงาน ในทางฟิสิกส์ (ปรับแก้ข้อคำถาม ให้คำกระชับมากขึ้น)	ข้อใดต่อไปนี่ให้ความหมายของงาน ในทางฟิสิกส์ได้ไม่ถูกต้อง ก. ยกของจากพื้นขึ้นไปไว้บนโต๊ะ ข. เด็กชายเดินแบกเก้าอี้ไปตาม ถนนราบ ค. เงินรถให้เคลื่อนที่ ง. เด็กหญิงเดินจากชั้นล่างขึ้นบน	ข้อใดต่อไปนี่ไม่เกิดงาน ก. ยกของจากพื้นขึ้นไปได้ บนโต๊ะ ข. เด็กชายเดินแบกเก้าอี้ ไปตามถนนราบ ค. เงินรถให้เคลื่อนที่ ง. เด็กหญิงเดินจากชั้นล่าง ขึ้นบน

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับแก้ตามข้อเสนอผู้เชี่ยวชาญ
3. การหาค่าล้าง (ปรับแก้เหตุผลในการตอบตัวเลือก ข)	<p>เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม</p> <p>ก. เพราะกำลังหาได้แรงคูณกับระยะทางที่ตั้งฉากตามแนวแรง</p> <p>ข. เพราะกำลังหาได้จากงานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งหากออกแรง F คงที่ แล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวเท่ากับ v</p> <p>ค. เพราะกำลังหาได้จากมวลคูณความสูงต่อหนึ่งหน่วยเวลา</p> <p>ง. เพราะกำลังหาได้จากงานที่กระทำในหนึ่งหน่วยเวลาคูณกับมวลของวัตถุ</p>	<p>เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม</p> <p>ก. เพราะกำลังหาได้แรงคูณกับระยะทางที่ตั้งฉากตามแนวแรง</p> <p>ข. เพราะกำลังหาได้จากงานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลา</p> <p>ค. เพราะกำลังหาได้จากมวลคูณความสูงต่อหนึ่งหน่วยเวลา</p> <p>ง. เพราะกำลังหาได้จากงานที่กระทำในหนึ่งหน่วยเวลาคูณกับมวลของวัตถุ</p>
7. ความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์กับความเร็ว (ปรับแก้ข้อคำถามให้คำกระชับมากขึ้น)	<p>วัตถุก้อนหนึ่งมีความเร็ว ต่อมาความเร็วเปลี่ยนเป็น 2 เท่าของมวลตอนแรกแล้วให้วัตถุ ตอนหลังมีความเร็วเท่าเดิม อยากทราบว่าพลังงานจลน์ของวัตถุเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าไร</p> <p>ก. ลดลง 1/2 เท่าของตอนแรก</p> <p>ข. ลดลง 1/6 เท่าของตอนแรก</p> <p>ค. เพิ่มขึ้น 2 เท่าของตอนแรก</p> <p>ง. พลังงานจลน์ไม่เปลี่ยนแปลง</p>	<p>วัตถุก้อนหนึ่งเดิมมีความเร็ว v ต่อมาความเร็วเปลี่ยนเป็น $2v$ ของมวลตอนแรกแล้วให้วัตถุ ตอนหลังมีความเร็ว V เท่าเดิม อยากทราบว่าพลังงานจลน์ของวัตถุเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าไร</p> <p>ก. ลดลง 1/2 เท่าของตอนแรก</p> <p>ข. ลดลง 1/6 เท่าของตอนแรก</p> <p>ค. เพิ่มขึ้น 2 เท่าของตอนแรก</p> <p>ง. พลังงานจลน์ไม่เปลี่ยนแปลง</p>

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับแก้ตาม ข้อเสนอผู้เชี่ยวชาญ
8. การเกิดพลังงานศักย์ โน้มถ่วง (ปรับแก้ ตัวเลือก ข)	เมื่อวางวัตถุไว้บนโต๊ะจะส่งผลให้ เกิดพลังงานใด ก. พลังงานจลน์ ข. พลังงานกล ค. พลังงานศักย์ ง. พลังงานเสียง	เมื่อวางวัตถุไว้บนโต๊ะ จะส่งผลให้เกิดพลังงานใด ก. พลังงานจลน์ ข. พลังงานสะสม ค. พลังงานศักย์ ง. พลังงานเสียง
9. สถานการณ์การเกิด พลังงานศักย์ (ปรับแก้ข้อความ ไม่ให้กำกวม)	วัตถุในข้อใดมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง ก. รถยนต์กำลังวิ่งด้วยความเร็ว อยู่บนถนน ข. ลูกแอปเปิ้ลกำลังตกบนพื้นดิน ค. โถงน้ำวางบนพื้นปูน ง. ออกแรงเข็นรถไปตามพื้นราบ	ข้อใดเป็นพลังงานศักย์โน้ม ถ่วงเปลี่ยนค่าได้ ก. รถยนต์กำลังวิ่งด้วย ความเร็วอยู่บนถนน ข. ลูกแอปเปิ้ลกำลังตกบน พื้นดิน ค. โถงน้ำวางบนพื้นปูน ง. ออกแรงเข็นรถไปตาม พื้นราบ
11. การเกิดพลังงานศักย์ ยืดหยุ่น (ปรับแก้ เหตุผลในการตอบ ตัวเลือก ก)	เหตุผลในการตอบคำถาม ก. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่นแปร ผันตรงกับระยะทางที่สปริง ยืดออก ข. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่น แปรผกผันกับระยะทางที่สปริง ยืดออก ค. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่น แปรผันตรงกับความเร็ว	เหตุผลในการตอบคำถาม ก. เพราะพลังงานศักย์ ยืดหยุ่นแปรผันตรงกับ ระยะทางที่สปริงยืดออก หรือหดเข้า ข. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่น แปรผกผันกับระยะทาง ที่สปริงยืดออกหรือหดเข้า ค. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่น แปรผันตรงกับความเร็ว

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับแก้ตาม ข้อเสนอผู้เชี่ยวชาญ
	ง. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของ วัตถุ มีค่าคงตัว ไม่ว่าจะยืดออก หรือหดเท่าใด	ง. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ของวัตถุ มีค่าคงตัว ไม่ว่าจะ จะยืดออกหรือหดเท่าใด
16. เครื่องกลผ่อนแรง (คาน) (ปรับแก้ เหตุผลในการตอบ ตัวเลือก ข)	เหตุผลที่ใช้ในการตอบ ก. เพราะช่วยลดงานที่ให้กับ เครื่องกล ข. เพราะเกิดจากระยะห่างจาก จุดหมุนกับแรงพยายาม ค. เพราะออกแรงน้อยลงการกระจัด เพิ่มมากขึ้น ง. เพราะออกแรงมากการกระจัด จากจุดหมุนมาถึงแรงพยายาม จะมาก	เหตุผลที่ใช้ในการตอบ ก. เพราะช่วยลดงานที่ให้กับ เครื่องกล ข. เพราะแรงแปรผกผันกับ ระยะห่างจากจุดหมุน การกระจัดเพิ่มมากขึ้น ง. เพราะออกแรงมากการ กระจัดจากจุดหมุนมาถึง แรงพยายามจะมาก

2. การตรวจสอบคุณภาพรายข้อ ได้นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปทดสอบกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 260 คน เพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพรายข้อหาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยใช้สูตร D.R Whitney and D.L Sabers (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2548, หน้า 109) ได้ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบจากแบบทดสอบวินิจฉัย ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ค่าความยากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
1	.56	ปานกลาง	.41	ปานกลาง	.32	ค่อนข้างยาก	.41	ปานกลาง
2	.72	ค่อนข้างง่าย	.53	ปานกลาง	.50	ปานกลาง	.46	ปานกลาง
3	.60	ค่อนข้างง่าย	.48	ปานกลาง	.43	ปานกลาง	.38	ค่อนข้างยาก
4	.44	ปานกลาง	.33	ค่อนข้างยาก	.37	ค่อนข้างยาก	.44	ปานกลาง
5	.71	ค่อนข้างง่าย	.47	ปานกลาง	.38	ค่อนข้างยาก	.43	ปานกลาง
6	.42	ปานกลาง	.40	ปานกลาง	.33	ค่อนข้างยาก	.40	ปานกลาง
7	.42	ปานกลาง	.50	ปานกลาง	.37	ค่อนข้างยาก	.35	ค่อนข้างยาก
8	.47	ปานกลาง	.39	ค่อนข้างยาก	.41	ปานกลาง	.41	ปานกลาง
9	.36	ค่อนข้างยาก	.32	ค่อนข้างยาก	.40	ปานกลาง	.40	ปานกลาง
10	.50	ปานกลาง	.51	ปานกลาง	.42	ปานกลาง	.46	ปานกลาง
11	.58	ปานกลาง	.45	ปานกลาง	.53	ปานกลาง	.48	ปานกลาง
12	.53	ปานกลาง	.55	ปานกลาง	.39	ค่อนข้างยาก	.43	ปานกลาง
13	.50	ปานกลาง	.43	ปานกลาง	.45	ปานกลาง	.48	ปานกลาง
14	.42	ปานกลาง	.36	ค่อนข้างยาก	.46	ปานกลาง	.46	ปานกลาง
15	.45	ปานกลาง	.41	ปานกลาง	.47	ปานกลาง	.47	ปานกลาง
16	.43	ปานกลาง	.53	ปานกลาง	.60	ค่อนข้างง่าย	.43	ปานกลาง
17	.43	ปานกลาง	.49	ปานกลาง	.31	ค่อนข้างยาก	.40	ปานกลาง
18	.33	ค่อนข้างยาก	.41	ปานกลาง	.47	ปานกลาง	.40	ปานกลาง
19	.61	ค่อนข้างง่าย	.45	ปานกลาง	.61	ค่อนข้างง่าย	.52	ปานกลาง
20	.55	ปานกลาง	.44	ปานกลาง	.44	ปานกลาง	.46	ปานกลาง
21	.43	ปานกลาง	.16*	ยากมาก	.37	ค่อนข้างยาก	.42	ปานกลาง
22	.62	ค่อนข้างง่าย	.50	ค่อนข้างง่าย	.52	ค่อนข้างง่าย	.50	ค่อนข้างง่าย
23	.51	ค่อนข้างง่าย	.33	ค่อนข้างยาก	.27	ค่อนข้างยาก	.45	ปานกลาง
24	.37	ค่อนข้างยาก	.01*	ยากมาก	.40	ปานกลาง	.37	ค่อนข้างยาก
25	.56	ค่อนข้างง่าย	.37	ค่อนข้างยาก	.40	ปานกลาง	.46	ปานกลาง
26	.46	ปานกลาง	.02*	ยากมาก	.40	ปานกลาง	.38	ค่อนข้างยาก
27	.46	ปานกลาง	.05*	ยากมาก	.35	ค่อนข้างยาก	.36	ค่อนข้างยาก
28	.35	ค่อนข้างยาก	.36	ค่อนข้างยาก	.39	ค่อนข้างยาก	.40	ปานกลาง
29	.49	ปานกลาง	.02*	ยากมาก	.37	ค่อนข้างยาก	.40	ปานกลาง

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
30	.51	ค่อนข้างง่าย	.40	ปานกลาง	.44	ปานกลาง	.48	ปานกลาง
31	.48	ปานกลาง	.37	ค่อนข้างยาก	.40	ปานกลาง	.50	ค่อนข้างง่าย
32	.54	ค่อนข้างง่าย	.40	ปานกลาง	.39	ค่อนข้างยาก	.50	ค่อนข้างง่าย
33	.48	ปานกลาง	.27	ค่อนข้างยาก	.50	ปานกลาง	.45	ปานกลาง
34	.40	ปานกลาง	.27	ค่อนข้างยาก	.45	ปานกลาง	.41	ปานกลาง
35	.45	ปานกลาง	.33	ค่อนข้างยาก	.53	ค่อนข้างง่าย	.44	ปานกลาง
36	.45	ปานกลาง	.38	ค่อนข้างยาก	.44	ปานกลาง	.49	ปานกลาง
37	.51	ปานกลาง	.17*	ยากมาก	.40	ปานกลาง	.43	ปานกลาง
38	.46	ปานกลาง	.24	ค่อนข้างยาก	.39	ค่อนข้างยาก	.40	ปานกลาง
39	.43	ปานกลาง	.42	ปานกลาง	.49	ปานกลาง	.50	ค่อนข้างง่าย
40	.54	ค่อนข้างง่าย	.22	ค่อนข้างยาก	.39	ค่อนข้างยาก	.47	ปานกลาง

หมายเหตุ * หมายถึง ค่าความยากไม่ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 4-4 แบบทดสอบวินิจฉัยนิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีข้อสอบ จำนวน 20 ข้อ
 ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความยากตั้งแต่ .33-.72 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความยากตั้งแต่ .32-.53 ชั้นที่ 3
 (TT) มีค่าความยากตั้งแต่ .31-.61 ชั้นที่ 4 (FoT) มีค่าความยากตั้งแต่ .35-.52 ชั้นที่ 1 ร่วมกับ
 ชั้นที่ 2 (BT1) ค่าความยากตั้งแต่ .37-.62 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าความยากตั้งแต่
 .02-.50 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าความยากตั้งแต่ .35-.53 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2
 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่าความยากตั้งแต่ .36-.50

ชั้น BT1 คือ ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 การหาค่าความยาก คำนวณจากนำคะแนน ชั้นที่ 1
 และ 2 บวกกัน แล้วแทนค่าในสูตรค่าความยากของ D.R Whitney and D.L Sabers (ฉัตรศิริ
 ปิยะพิมพ์สิทธิ์, 2548, หน้า 109)

ชั้น BT2 คือ ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 การหาค่าความยาก คำนวณจากนำคะแนน ชั้นที่ 1
 และ 3 บวกกัน แล้วแทนค่าในสูตรค่าความยากของ Whitney And Sabers

ชั้น BT3 คือ ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 การหาค่าความยาก คำนวณจากนำคะแนน ชั้นที่ 3
 และ 4 บวกกัน แล้วแทนค่าในสูตรค่าความยากของ Whitney And Sabers

ชั้น AT คือ ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 การหาค่าความยาก
 คำนวณจากนำคะแนน ชั้นที่ 1 2 3 และ 4 บวกกัน แล้วแทนค่าในสูตรค่าความยากของ Whitney
 And Sabers

ตารางที่ 4-5 ค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้
ครั้งที่ 1

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
1	.47	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.31	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.16	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.18	จำแนกได้ ถูกต้อง น้อยมาก
2	.45	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.23	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.55	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.31	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
3	.84	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.48	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.53	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.21	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
4	.22	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.34	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.38	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
5	.39	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.46	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.22	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.43	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
6	.30	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.19	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.40	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
7	.19	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.33	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.16	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.50	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
8	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.36	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.34	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.39	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
9	.34	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.31	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.03	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.32	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
10	.56	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.36	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.35	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
11	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
12	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.18	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.28	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.17	จำแนกได้ ถูกต้อง น้อยมาก
13	.05	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.20	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.25	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.20	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
14	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.23	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.30	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.23	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
15	.61	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.31	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.48	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.32	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
16	.56	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.08	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
17	.69	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.29	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.73	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.29	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
18	.28	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.15	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.22	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.15	จำแนกได้ ถูกต้อง น้อยมาก
19	.55	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.42	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.22	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.42	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
20	.36	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.17	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.23	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.17	จำแนกได้ ถูกต้อง น้อยมาก
21	.08	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.33	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.16	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.26	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
22	.19	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.55	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.37	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.31	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
23	.08	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.76	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.12	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
24	.24	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.03	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.14	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.24	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
25	.33	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.25	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.10	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.27	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
26	.15*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.03*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.14*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.20	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
27	.08*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.06*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.17*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.13*	จำแนกได้ ถูกต้อง น้อยมาก
28	.20	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.18*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.18*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.34	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
29	.08*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	-.03*	ตรงข้ามกับ ความจริง	.08*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.12*	จำแนกได้ ถูกต้อง น้อยมาก
30	.24	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.42	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.12*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.35	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
31	.33	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.52	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.32	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.31	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
32	.15*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.30	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.23	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.23	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
33	.12*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.22	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.27	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.20	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
34	.22	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.39	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.17*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.23	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
35	.34	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.50	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.18*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.27	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
36	.17*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.50	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.29	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.43	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
37	.34	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.48	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
38	.16*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.28	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.35	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.27	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
39	.26	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.63	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.20	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.40	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
40	.20	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.53	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.19*	จำแนกได้ ถูกต้องน้อย มาก	.14*	จำแนกได้ ถูกต้อง น้อยมาก

หมายเหตุ * หมายถึง ค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 4-5 แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีข้อสอบ จำนวน 20 ข้อ
 ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .19-.84 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .15-.48
 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .08-.73 ชั้นที่ 4 (FoT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .15-.44
 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) ค่าความยากตั้งแต่ .08-.34 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าอำนาจ
 จำแนกตั้งแต่ -.03-.76 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .10-.48 ชั้นที่ 1
 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .13-.44 คัดเลือกข้อสอบ
 ข้อสอบชั้นที่ 1 (FT) และชั้นที่ 2 (ST) ที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ส่วนข้อสอบ
 ที่มีค่าอำนาจจำแนกน้อยกว่า .20 ได้นำไปปรับปรุง

ชั้น BT1 คือ ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 การหาค่าอำนาจจำแนก คำนวณจากนำคะแนน
 ชั้นที่ 1 และ 2 บวกกัน แล้วแทนค่าในสูตรค่าอำนาจจำแนกของ Whitney And Sabers

ชั้น BT2 คือ ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 การหาค่าอำนาจจำแนก คำนวณจากนำคะแนน ชั้นที่ 1 และ 3 บวกกัน แล้วแทนค่าในสูตรค่าอำนาจจำแนก ของ Whitney And Sabers

ชั้น BT3 คือ ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 การหาค่าอำนาจจำแนก คำนวณจากนำคะแนน ชั้นที่ 3 และ 4 บวกกัน แล้วแทนค่าในสูตรค่าอำนาจจำแนก ของ Whitney And Sabers

ชั้น AT คือ ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 การหาค่าอำนาจจำแนก คำนวณจากนำคะแนน ชั้นที่ 1 2 3 และ 4 บวกกัน แล้วแทนค่าในสูตรค่าอำนาจจำแนก ของ Whitney And Sabers

3. ปรับปรุงข้อสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในข้อที่มีค่าความยากไม่ผ่านเกณฑ์ และข้อที่มีอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งข้อสอบที่มีค่าความยากและอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 7 ข้อ ได้ทำการปรับปรุงข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยปรึกษาผู้เชี่ยวชาญทางการสอน ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และได้ทำการปรับปรุงข้อสอบ ดังนี้

ตารางที่ 4-6 รายละเอียดการปรับปรุงข้อสอบหลังใช้

มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับปรุง
1. ความหมายของงานในทางฟิสิกส์ (ปรับแก้ข้อคำถามให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น)	ข้อใดต่อไปนี้เป็นไม่เกิดงาน ก. ยกของจากพื้นขึ้นไปไว้บนโต๊ะ ข. เด็กชายเดินแบกเก้าอี้ไปตามถนนราบ ค. เเข็นรถให้เคลื่อนที่ ง. เด็กหญิงเดินจากชั้นล่างขึ้นบน	ข้อใดต่อไปนี้เป็นไม่เกิดงานใน ความหมายของงานทางฟิสิกส์ ก. ยกของจากพื้นขึ้นไปไว้บนโต๊ะ ข. เด็กชายเดินแบกเก้าอี้ไปตามถนนราบ ค. เเข็นรถให้เคลื่อนที่ ง. เด็กหญิงเดินจากชั้นล่างขึ้นบน
6. ความหมายของพลังงานจลน์ (ปรับแก้เหตุผลในการตอบตัวเลือก ข)	เหตุผลที่ใช้ในการตอบ ก. พลังงานจลน์เกิดจากวัตถุไม่เคลื่อนที่ ข. วัตถุที่กำลังจะหยุดนิ่ง พลังงานจลน์จะคงที่	เหตุผลที่ใช้ในการตอบ ก. พลังงานจลน์เกิดจากวัตถุไม่เคลื่อนที่ ข. วัตถุที่เคลื่อนที่เร็วกว่า จะมีพลังงานจลน์มากกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ช้า

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับปรุง
	ค. วัตถุที่เคลื่อนที่เร็วกว่า จะมี พลังงานจลน์น้อยกว่าวัตถุ ที่เคลื่อนที่ได้ช้า	ค. วัตถุที่เคลื่อนที่เร็วกว่า จะมี พลังงานจลน์น้อยกว่าวัตถุ ที่เคลื่อนที่ได้ช้า
	ง. วัตถุเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วง ของโลกจะมีพลังงานจลน์เสมอ	ง. วัตถุเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้ม ถ่วงของโลกจะมีพลังงานจลน์ เสมอ
7. ความสัมพันธ์ของ พลังงานจลน์กับ ความเร็ว (ปรับแก้ข้อความ และปรับแก้ เหตุผลที่ใช้ตอบ ก, ข, ค, ง)	วัตถุก้อนหนึ่งเดิมมีความเร็ว v ต่อมาความเร็วเปลี่ยนเป็น $2v$ ของ มวลตอนแรกแล้วให้วัตถุ ตอนหลัง มีความเร็ว V เท่าเดิม อยากทราบว่า พลังงานจลน์ของวัตถุเพิ่มขึ้น หรือลดลงเท่าไร ก. ลดลง $1/2$ เท่าของตอนแรก ข. ลดลง $1/6$ เท่าของตอนแรก ค. เพิ่มขึ้น 2 เท่าของตอนแรก ง. พลังงานจลน์ไม่เปลี่ยนแปลง เหตุผลที่ใช้ในการตอบ ก. พลังงานจลน์แปรผันตรงกับ มวล ข. พลังงานจลน์แปรผกผันกับ มวล ค. มวลไม่เกี่ยวข้องกัน พลังงานจลน์ ง. พลังงานจลน์แปรผกผันกับทิศ การเคลื่อนที่ของมวล	วัตถุก้อนหนึ่งเดิมมีความเร็ว V ต่อมาความเร็วเปลี่ยน $2V$ อยาก ทราบว่าพลังงานจลน์ของวัตถุ เพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าไร ก. ลดลง $1/2$ เท่าของตอนแรก ข. ลดลง $1/6$ เท่าของตอนแรก ค. เพิ่มขึ้น 2 เท่าของตอนแรก ง. พลังงานจลน์ไม่เปลี่ยนแปลง เหตุผลที่ใช้ในการตอบ ก. พลังงานจลน์แปรผันตรงกับ ความเร็วยกกำลังสอง ข. พลังงานจลน์แปรผกผันกับ ความเร็ว ค. ความเร็วของวัตถุไม่เกี่ยวข้อง กับพลังงานจลน์ ง. พลังงานจลน์แปรผกผันกับทิศ การเคลื่อนที่ของความเร็ว

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับปรุง
8. การเกิดพลังงาน ศักย์โน้มถ่วง (ปรับแก้ข้อคำถาม ให้ชัดเจนมาก ยิ่งขึ้น)	เมื่อวางวัตถุไว้บนโต๊ะจะส่งผลให้ เกิดพลังงานใด ก. พลังงานจลน์ ข. พลังงานกล ค. พลังงานศักย์ ง. พลังงานเสียง	เมื่อวางวัตถุไว้บนโต๊ะที่มีความสูง จะส่งผลให้เกิดพลังงานใด ก. พลังงานจลน์ ข. พลังงานสะสม ค. พลังงานศักย์ ง. พลังงานเสียง
13. สมการกฎ อนุรักษ์พลังงาน ในกรณีที่ไม่มี แรงภายนอก กระทำ (ปรับแก้ ข้อคำถามให้ ชัดเจนมากยิ่งขึ้น)	ข้อใดคือสมการพลังงานที่ตำแหน่ง A และ ตำแหน่ง B ในกรณีที่ไม่มี แรงภายนอกกระทำ ก. $E_A > E_B$ ข. $E_A = E_B$ ค. $E_A < E_B$ ง. $E_A + W = E_B$	ข้อใดคือสมการกฎอนุรักษ์ พลังงานที่ตำแหน่ง A และ ตำแหน่ง B ในกรณีที่ไม่มีแรง ภายนอกกระทำ ก. $E_A > E_B$ ข. $E_A = E_B$ ค. $E_A < E_B$ ง. $E_A + W = E_B$
16. เครื่องกลผ่อน แรง (คาน) (ปรับแก้เหตุผล ในการตอบ ตัวเลือก ข)	เหตุผลที่ใช้ในการตอบ ก. เพราะช่วยลดงานที่ให้กับ เครื่องกล ข. เพราะเกิดจากระยะห่างจากจุด หมุนกับแรงพยายาม ค. เพราะออกแรงน้อยลงการ กระจัดเพิ่มมากขึ้น ง. เพราะออกแรงมากการกระจัด จากจุดหมุนมาถึงแรง พยายามจะมาก	เหตุผลที่ใช้ในการตอบ ก. เพราะช่วยลดงานที่ให้กับ เครื่องกล ข. เพราะแรงแปรผกผันกับ ระยะห่างจากจุดหมุน ค. เพราะออกแรงน้อยลง การกระจัดเพิ่มมากขึ้น ง. เพราะออกแรงมากการกระจัด จากจุดหมุนมาถึงแรง พยายามจะมาก

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับปรุง
19. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกล (ปรับแก้ตัวเลือกข้อ ก , ข, ค, ง)	<p>ประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร</p> <p>ก. แตกต่างกัน ประสิทธิภาพของเครื่องกลพิจารณาที่กำลัง ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการพิจารณาที่งาน</p> <p>ข. แตกต่างกัน ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการพิจารณาที่งาน ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการพิจารณาที่แรง</p> <p>ค. ไม่แตกต่างกัน ทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลเป็นการพิจารณาที่กำลังทั้งคู่</p> <p>ง. ไม่แตกต่างกัน ทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลเป็นการพิจารณาที่แรงทั้งคู่</p>	<p>ประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร</p> <p>ก. แตกต่างกัน ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบที่กำลัง ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบที่งาน</p> <p>ข. แตกต่างกัน ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบที่งาน ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบที่แรง</p> <p>ค. ไม่แตกต่างกัน ทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบที่กำลังทั้งคู่</p> <p>ง. ไม่แตกต่างกัน ทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบที่แรงทั้งคู่</p>

4. หลังการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นทั้งฉบับ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวินิจฉัยไปหาคะแนนจุดตัด โดยใช้วิธีของแองกอฟฟ์ (Angoff) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 คน โดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อว่า ผู้ที่มีความรู้มีค่าความน่าจะเป็น

ในการตอบถูกข้อนี้อย่างน้อยเท่าไร แล้วหาค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นเป็นคะแนนจุดตัด พบว่า มีคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่กลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เป็น 13 คะแนน รายละเอียดดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลการพิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวินิจฉัย

มโนทัศน์	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5
1. ความหมายของงานในทางฟิสิกส์	.65	.75	.70	.75	.75
2. การเกิดงานมีค่าเป็นศูนย์	.60	.70	.70	.65	.65
3. การหาค่ากำลัง	.80	.75	.80	.80	.75
4. การหาค่ากำลังเฉลี่ย	.75	.70	.75	.80	.70
5. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุ บนผิวโลกและบนผิวดวงจันทร์	.60	.50	.65	.50	.50
6. ความหมายของพลังงานจลน์	.75	.75	.70	.70	.70
7. ความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์ มวลและความเร็ว	.50	.50	.50	.60	.50
8. การเกิดพลังงานศักย์โน้มถ่วง	.70	.75	.70	.75	.75
9. สถานการณ์การเกิดพลังงานศักย์	.50	.60	.65	.65	.60
10. การหาพลังงานศักย์โน้มถ่วง	.80	.75	.75	.80	.80
11. การเกิดพลังงานศักย์ยืดหยุ่น	.60	.65	.50	.50	.60
12. กฎการอนุรักษ์พลังงาน	.70	.60	.60	.70	.60
13. สมการกฎอนุรักษ์พลังงาน ในกรณีที่ไม่มีแรงภายนอกกระทำ	.70	.65	.70	.70	.75
14. การเปลี่ยนรูปพลังงานตามกฎ การอนุรักษ์พลังงาน	.80	.75	.75	.75	.70
15. หลักการของเครื่องกลผ่อนแรง	.70	.70	.75	.70	.70
16. เครื่องกลผ่อนแรง (คาน)	.60	.65	.60	.60	.60
17. เครื่องกลผ่อนแรง (รอก)	.60	.65	.75	.65	.60
18. ความหมายของแรงอนุรักษ์	.70	.70	.65	.70	.70

ตารางที่ 4-7 (ต่อ)

มโนทัศน์	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5
19. ความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพของเครื่องกล และการได้เปรียบเชิงกล	.60	.60	.50	.50	.65
20. การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกล อย่างง่าย	.70	.70	.70	.65	.65
รวม	13.35	13.40	13.40	13.45	13.25
เฉลี่ย	13.37				

หมายเหตุ ผลการพิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวินิจฉัย 13 คะแนน

5. ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ มาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยโดยใช้สูตรของลิวิสตัน ค่าความเชื่อมั่นแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น .94 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความเชื่อมั่น .93 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น .93 ชั้นที่ 4 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น .93 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) ค่าความเชื่อมั่น .94 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าความเชื่อมั่น .92 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าความเชื่อมั่น .93 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่าความเชื่อมั่น .98

6. ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) ครั้งที่ 1 รายละเอียดดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) ครั้งที่ 1

ชั้น	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM)
ชั้นที่ 1 (FT)	1.31
ชั้นที่ 2 (ST)	5.20
ชั้นที่ 3 (TT)	1.65

ตารางที่ 4-8 (ต่อ)

ชั้น	ความคลาดเคลื่อน มาตรฐานของการวัด (SEM)
ชั้นที่ 4 (FoT)	7.89
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1)	8.17
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2)	3.11
ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3)	9.90
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT)	14.99

จากตารางที่ 4-8 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 (ST) ชั้นที่ 3 (TT) ชั้นที่ 4 (FoT) ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) มีค่า SEM 1.31 5.20 1.65 7.89 8.17 3.11 9.90 และ 14.99 ตามลำดับ

7. ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแบบทดสอบวินิจฉัยในข้อที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกที่ไม่ผ่านเกณฑ์ และได้นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่องงานและพลังงานไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน เพื่อนำผลการทดสอบไปวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมืออีกครั้ง ได้ผลดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ค่าความยากแบบทดสอบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 2

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
1	.61	ค่อนข้างง่าย	.68	ค่อนข้างง่าย	.61	ค่อนข้างง่าย	.60	ค่อนข้างง่าย
2	.72	ค่อนข้างง่าย	.57	ปานกลาง	.53	ปานกลาง	.58	ปานกลาง
3	.76	ค่อนข้างง่าย	.64	ค่อนข้างง่าย	.63	ค่อนข้างง่าย	.58	ปานกลาง
4	.48	ปานกลาง	.59	ปานกลาง	.59	ปานกลาง	.58	ปานกลาง
5	.73	ค่อนข้างง่าย	.55	ปานกลาง	.63	ค่อนข้างง่าย	.58	ปานกลาง
6	.56	ปานกลาง	.59	ปานกลาง	.58	ปานกลาง	.63	ค่อนข้างง่าย
7	.56	ปานกลาง	.58	ปานกลาง	.50	ปานกลาง	.61	ค่อนข้างง่าย
8	.59	ปานกลาง	.54	ปานกลาง	.58	ปานกลาง	.61	ค่อนข้างง่าย
9	.40	ค่อนข้างง่าย	.49	ปานกลาง	.52	ปานกลาง	.63	ค่อนข้างง่าย
10	.61	ค่อนข้างง่าย	.61	ค่อนข้างง่าย	.60	ค่อนข้างง่าย	.66	ค่อนข้างง่าย
11	.77	ค่อนข้างง่าย	.60	ค่อนข้างง่าย	.64	ค่อนข้างง่าย	.67	ค่อนข้างง่าย
12	.55	ปานกลาง	.60	ค่อนข้างง่าย	.54	ปานกลาง	.61	ค่อนข้างง่าย
13	.52	ปานกลาง	.59	ปานกลาง	.52	ปานกลาง	.59	ปานกลาง
14	.55	ปานกลาง	.60	ค่อนข้างง่าย	.52	ปานกลาง	.60	ค่อนข้างง่าย
15	.62	ค่อนข้างง่าย	.49	ปานกลาง	.59	ปานกลาง	.61	ค่อนข้างง่าย
16	.56	ปานกลาง	.61	ค่อนข้างง่าย	.58	ปานกลาง	.61	ค่อนข้างง่าย
17	.66	ค่อนข้างง่าย	.56	ปานกลาง	.56	ปานกลาง	.59	ปานกลาง
18	.47	ปานกลาง	.58	ปานกลาง	.49	ปานกลาง	.59	ปานกลาง
19	.77	ค่อนข้างง่าย	.59	ปานกลาง	.59	ปานกลาง	.60	ค่อนข้างง่าย
20	.63	ค่อนข้างง่าย	.53	ปานกลาง	.50	ปานกลาง	.62	ค่อนข้างง่าย
21	.57	ปานกลาง	.46	ปานกลาง	.58	ปานกลาง	.44	ปานกลาง
22	.61	ค่อนข้างง่าย	.47	ปานกลาง	.60	ค่อนข้างง่าย	.33	ค่อนข้างยาก
23	.68	ค่อนข้างง่าย	.55	ปานกลาง	.60	ค่อนข้างง่าย	.47	ปานกลาง
24	.59	ปานกลาง	.41	ปานกลาง	.60	ค่อนข้างง่าย	.41	ปานกลาง
25	.58	ปานกลาง	.61	ค่อนข้างง่าย	.60	ค่อนข้างง่าย	.36	ค่อนข้างยาก
26	.58	ปานกลาง	.54	ปานกลาง	.64	ค่อนข้างง่าย	.46	ปานกลาง
27	.62	ค่อนข้างง่าย	.46	ค่อนข้างง่าย	.61	ค่อนข้างง่าย	.40	ปานกลาง

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
28	.56	ปานกลาง	.53	ค่อนข้างง่าย	.62	ค่อนข้างง่าย	.40	ปานกลาง
29	.47	ปานกลาง	.35	ค่อนข้างยาก	.64	ค่อนข้างง่าย	.40	ปานกลาง
30	.63	ค่อนข้างง่าย	.56	ปานกลาง	.67	ค่อนข้างง่าย	.41	ปานกลาง
31	.64	ค่อนข้างง่าย	.57	ปานกลาง	.69	ค่อนข้างง่าย	.46	ปานกลาง
32	.62	ค่อนข้างง่าย	.46	ปานกลาง	.63	ค่อนข้างง่าย	.37	ค่อนข้างยาก
33	.60	ค่อนข้างง่าย	.34	ค่อนข้างยาก	.60	ค่อนข้างง่าย	.42	ปานกลาง
34	.62	ค่อนข้างง่าย	.37	ค่อนข้างยาก	.63	ค่อนข้างง่าย	.46	ปานกลาง
35	.43	ปานกลาง	.48	ปานกลาง	.62	ค่อนข้างง่าย	.39	ค่อนข้างยาก
36	.62	ค่อนข้างง่าย	.49	ปานกลาง	.62	ค่อนข้างง่าย	.44	ปานกลาง
37	.60	ค่อนข้างง่าย	.53	ปานกลาง	.60	ค่อนข้างง่าย	.35	ค่อนข้างยาก
38	.58	ปานกลาง	.41	ปานกลาง	.58	ปานกลาง	.41	ปานกลาง
39	.63	ค่อนข้างง่าย	.58	ปานกลาง	.61	ค่อนข้างง่าย	.25	ค่อนข้างยาก
40	.58	ปานกลาง	.47	ปานกลาง	.62	ค่อนข้างง่าย	.47	ปานกลาง

จากตารางที่ 4-9 แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มีข้อสอบจำนวน 20 ข้อ
 ชั้นที่ 1

(FT) มีค่าความยากตั้งแต่ .40-.77 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความยากตั้งแต่ .49-.68 ชั้นที่ 3
 (TT) มีค่าความยากตั้งแต่ .49-.64 ชั้นที่ 4 (FoT) มีค่าความยากตั้งแต่ .43-.68 ชั้นที่ 1 ร่วมกับ
 ชั้นที่ 2 (BT1) ค่าความยากตั้งแต่ .35-.57 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าความยากตั้งแต่
 .34-.61 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าความยากตั้งแต่ .58-.69 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2
 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่าความยากตั้งแต่ .25-.46

ตารางที่ 4-10 ค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวินิจฉัยมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้
ครั้งที่ 2

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
1	.32	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.58	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.74	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
2	.52	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.62	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.72	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.67	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
3	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.62	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.72	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
4	.72	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.70	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.74	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
5	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.63	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
6	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.67	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.71	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
7	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.67	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
8	.48	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.52	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.71	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่

ตารางที่ 4-10 (ต่อ)

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
9	.56	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.59	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.52	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.70	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
10	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.63	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
11	.36	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.38	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.50	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
12	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.48	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.72	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
13	.24	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.66	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
14	.48	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.80	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
15	.24	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.71	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
16	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.52	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.66	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
17	.52	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.58	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.70	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่

ตารางที่ 4-10 (ต่อ)

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
18	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.57	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.65	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
19	.52	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.54	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.67	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
20	.52	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.59	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
21	.77	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.62	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.47	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
22	.52	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.61	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.40	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
23	.55	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
24	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.48	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
25	.54	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.59	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.24	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
26	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.39	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน

ตารางที่ 4-10 (ต่อ)

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
27	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.59	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.45	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
28	.50	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.48	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.61	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.61	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
29	.50	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.50	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่
30	.56	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.61	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.37	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
31	.30	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.43	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.46	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
32	.41	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.72	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.65	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.37	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
33	.29	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.52	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.58	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.42	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
34	.54	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.72	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.73	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.49	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
35	.39	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.34	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน

ตารางที่ 4-10 (ต่อ)

ข้อ	FT	แปลผล	ST	แปลผล	TT	แปลผล	FoT	แปลผล
36	.45	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.59	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.32	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
37	.49	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.62	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.37	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
38	.50	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.58	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.45	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
39	.44	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน	.64	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.60	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.23	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน
40	.50	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.68	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.61	จำแนกได้ ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	.26	จำแนกได้ ถูกต้อง บางส่วน

จากตารางที่ 4-10 แบบทดสอบวินิจฉัยแยกโรคที่คลาดเคลื่อน มีข้อสอบจำนวน 20 ข้อ
 ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .24-.72 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .38-.70
 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .44-.72 ชั้นที่ 4 (FT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .50-.80
 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .29-.77 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่า
 อำนาจจำแนกตั้งแต่ .44-.72 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .43-.73
 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .24-.61

7. ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ มาคำนวณหาค่า
 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยโดยใช้สูตรของลิวิสตัน ค่าความเชื่อมั่นแบบทดสอบวินิจฉัย
 โน้ตสน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น .88 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่า
 ความเชื่อมั่น .90 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น .88 ชั้นที่ 4 (FoT) มีค่าความเชื่อมั่น .87 ชั้นที่ 1
 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) ค่าความเชื่อมั่น .88 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าความเชื่อมั่น .89

ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าความเชื่อมั่น .88 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่าความเชื่อมั่น .97

8. ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) ครั้งที่ 2 รายละเอียดดังตาราง 4-11

ตารางที่ 4-11 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) ครั้งที่ 2

ชั้น	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของการวัด (SEM)
ชั้นที่ 1 (FT)	1.03
ชั้นที่ 2 (ST)	5.19
ชั้นที่ 3 (TT)	1.31
ชั้นที่ 4 (FoT)	5.91
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1)	6.32
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2)	2.42
ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3)	7.47
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT)	11.03

จากตารางที่ 4-11 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 (ST) ชั้นที่ 3 (TT) ชั้นที่ 4 (FoT) ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) มีค่า SEM 1.03 5.19 1.31 5.91 6.32 2.42 7.47 และ 11.03 ตามลำดับ

9. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น แสดงในตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น ($n = 100$)

ชั้น	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 1
	(FT)	(ST)	(TT)	(FoT)	ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1)	ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2)	ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3)	ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT)
ชั้นที่ 1 (FT)		.90*	.92*	.92*	.93*	.97*	.94*	.95*
ชั้นที่ 2 (ST)			.84*	.94*	.99*	.88*	.94*	.97*
ชั้นที่ 3 (TT)				.89*	.87*	.98*	.92*	.91*
ชั้นที่ 4 (FoT)					.95*	.92*	.99*	.98*
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1)						.91*	.95*	.98*
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2)							.95*	.94*
ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3)								.99*

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-12 ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นมีค่าเป็นบวกทุกคู่ โดยอยู่ระหว่าง .84-.99 โดยระหว่างชั้นที่ 2 (ST) กับชั้นที่ 3 (TT) มีค่าต่ำสุด ส่วนระหว่างชั้นที่ 2 (ST) กับชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) และชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) กับชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) มีค่าสูงสุด และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าทุกคู่มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

เมื่อพิจารณาความตรงเชิงโครงสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) มีค่า .95 ซึ่งความสัมพันธ์ของคะแนนมีความสัมพันธ์กันทางบวกระดับสูง

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

1. ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น ที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 701 คน ได้ค่าสถิติพื้นฐาน และคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-13 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

แบบทดสอบวินิจฉัย	k	คะแนนเต็ม	\bar{X}	SD	min	max
ชั้นที่ 1 (FT)	20	20	11.20	4.10	2	20
ชั้นที่ 2 (ST)	20	100	50.30	18.41	13	100
ชั้นที่ 3 (TT)	20	20	12.16	4.36	2	20
ชั้นที่ 4 (FT)	20	100	46.58	17.61	9	100
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1)	20	120	61.50	21.80	18	120
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2)	20	20	7.68	4.59	0	20
ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3)	20	120	58.74	21.00	12	120
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT)	20	240	120.24	40.98	30	240

จากตารางที่ 4-13 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 4 ชั้น จำนวน 20 ข้อ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบทดสอบวินิจฉัย ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่ามากที่สุด คือ 120.24 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 40.98 คะแนน สูงสุด คือ 240 คะแนน และคะแนนต่ำสุด คือ 30 คะแนน

2. ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น จากกลุ่มตัวอย่าง 701 คน มาคำนวณหาค่าความยากจากสัดส่วนคนตอบถูก และหาค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตร Whitney And Sabers ได้ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยแต่ละชั้น ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-14 คุณภาพแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น ($n = 701$)

แบบทดสอบวินิจฉัย	k	p	B	r_{cc}
ชั้นที่ 1 (FT)	20	.41-.71	.40-.73	.92
ชั้นที่ 2 (ST)	20	.45-.55	.34-.68	.91
ชั้นที่ 3 (TT)	20	.53-.72	.41-.68	.92
ชั้นที่ 4 (FT)	20	.43-.48	.32-.54	.91
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1)	20	.43-.58	.43-.54	.92
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2)	20	.25-.52	.44-.75	.92
ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3)	20	.43-.48	.42-.48	.91
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT)	20	.38-.44	.50-.63	.97

3. คำนวณหาค่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) รายละเอียดดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) ($n = 701$)

ชั้น	ความคลาดเคลื่อน มาตรฐานของการวัด (SEM)
ชั้นที่ 1 (FT)	1.18
ชั้นที่ 2 (ST)	6.25
ชั้นที่ 3 (TT)	3.01
ชั้นที่ 4 (FoT)	5.98
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1)	7.63
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2)	1.33
ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3)	7.35
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับ ชั้นที่ 4 (AT)	12.29

จากตารางที่ 4-15 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) จากกลุ่มตัวอย่าง 701 คน แสดงให้เห็นว่า ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 (ST) ชั้นที่ 3 (TT) ชั้นที่ 4 (FoT) ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) มีค่า SEM 1.18 6.25 3.01 5.98 7.63 1.33 7.35 และ 12.29 ตามลำดับ

4. ความตรงเชิงโครงสร้างโดยวิธีการหาความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น

ตารางที่ 4-16 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น ($n = 701$)

ชั้น	ชั้นที่ 1 (FT)	ชั้นที่ 2 (ST)	ชั้นที่ 3 (TT)	ชั้นที่ 4 (FoT)	ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1)	ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2)	ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3)	ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT)
ชั้นที่ 1 (FT)		.79*	.88*	.75*	.85*	.93*	.81*	.87*
ชั้นที่ 2 (ST)			.74*	.77*	.99*	.77*	.80*	.94*
ชั้นที่ 3 (TT)				.72*	.79*	.92*	.81*	.84*
ชั้นที่ 4 (FoT)					.79*	.75*	.99*	.93*
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1)						.83*	.83*	.95*
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2)							.81*	.86*
ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3)								.95*

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นมีความสัมพันธ์เป็นบวกทุกคู่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .72-.99 โดยระหว่างชั้นที่ 3 (TT) กับชั้นที่ 4 (FoT) มีค่าต่ำสุด ส่วนระหว่างชั้นที่ 4 (FoT) กับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าสูงสุด และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทุกคู่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

เมื่อพิจารณาความตรงเชิงโครงสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) มีค่า 0.83 ซึ่งความสัมพันธ์ของคะแนนมีความสัมพันธ์กันทางบวกในระดับสูง

5. ผลการนำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปใช้ทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 701 คน

ตารางที่ 4-17 ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ผลการวินิจฉัย	จำนวน	ร้อยละ
นักเรียนที่มีมโนทัศน์มีความเข้าใจ	4	0.57
นักเรียนที่มีมโนทัศน์ไม่เข้าใจแนวคิด	556	79.31
นักเรียนที่มีมโนทัศน์เข้าใจแนวคิดผิด	103	14.69
นักเรียนที่มีมโนทัศน์ความผิดพลาด	38	5.42
รวม	701	100

จากตารางที่ 4-17 พบว่า มีนักเรียนที่มีมโนทัศน์มีความเข้าใจคิดเป็นร้อยละ .57 นักเรียนที่มีมโนทัศน์ไม่เข้าใจแนวคิดคิดเป็นร้อยละ 79.31 นักเรียนที่มีมโนทัศน์เข้าใจแนวคิดผิดคิดเป็นร้อยละ 14.69 และมีนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ผิดพลาดคิดเป็นร้อยละ 5.42

6. ผลการวิเคราะห์คำตอบถูกและร้อยละของการตอบถูกในแต่ละชั้นของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นได้ผล ดังตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก

ข้อ	FT	ST	TT	FoT	BT1	BT2	BT3	AT
1	385 (54.9)	399 (56.9)	372 (53.1)	353 (50.4)	251 (35.8)	226 (32.2)	225 (32.1)	107 (15.3)
2	482 (68.8)	440 (62.8)	435 (62.1)	366 (52.2)	329 (46.9)	336 (47.9)	275 (39.2)	182 (26.0)
3	496 (70.8)	473 (67.5)	532 (75.9)	331 (47.2)	372 (53.1)	415 (59.2)	287 (40.9)	193 (27.5)
4	314 (44.8)	382 (54.5)	427 (60.9)	305 (43.5)	202 (28.8)	213 (30.4)	220 (31.4)	99 (14.1)
5	492 (70.2)	378 (53.9)	411 (58.6)	294 (41.9)	283 (40.4)	312 (44.5)	197 (28.2)	122 (17.4)
6	360 (51.4)	336 (47.9)	401 (57.2)	236 (33.7)	208 (29.7)	228 (32.5)	159 (22.7)	84 (12.0)
7	357 (50.9)	377 (53.8)	390 (55.6)	268 (38.2)	215 (30.7)	226 (32.2)	180 (25.7)	94 (13.4)
8	367 (52.4)	350 (49.9)	409 (58.3)	339 (48.4)	208 (29.7)	246 (35.1)	234 (33.4)	105 (15.0)
9	284 (40.5)	329 (46.9)	375 (53.5)	319 (45.5)	165 (23.5)	174 (24.8)	224 (32.0)	91 (13.0)
10	402 (57.3)	396 (56.5)	453 (64.6)	340 (48.5)	261 (37.2)	285 (40.7)	262 (37.4)	152 (21.7)
11	487 (69.5)	378 (53.9)	431 (61.5)	359 (51.2)	288 (41.1)	327 (46.6)	266 (37.9)	150 (21.4)
12	391 (55.8)	404 (57.6)	407 (58.1)	334 (47.6)	244 (34.8)	254 (36.2)	225 (32.1)	118 (16.8)
13	359 (51.2)	378 (53.9)	416 (59.3)	347 (49.5)	221 (31.5)	251 (35.8)	254 (36.2)	109 (15.5)

ตารางที่ 4-18 (ต่อ)

ข้อ	FT	ST	TT	FoT	BT1	BT2	BT3	AT
14	341 (48.6)	305 (43.5)	382 (54.5)	377 (53.8)	177 (25.2)	209 (29.8)	235 (33.5)	91 (13.0)
15	350 (49.9)	347 (49.5)	500 (71.3)	328 (46.8)	207 (29.5)	281 (40.1)	265 (37.8)	118 (16.8)
16	364 (51.9)	321 (45.8)	420 (59.9)	330 (47.1)	191 (27.2)	251 (35.8)	231 (33.0)	103 (14.7)
17	407 (58.1)	371 (52.9)	505 (72.0)	301 (42.9)	236 (33.7)	323 (46.1)	231 (33.0)	118 (16.8)
18	289 (41.2)	386 (55.1)	391 (55.8)	385 (54.9)	201 (28.7)	191 (27.2)	260 (37.1)	114 (16.3)
19	500 (71.3)	378 (53.9)	459 (65.5)	372 (53.1)	306 (43.7)	362 (51.6)	297 (42.4)	183 (26.1)
20	427 (60.9)	322 (45.9)	405 (57.8)	300 (42.8)	207 (29.5)	275 (39.2)	206 (29.4)	85 (12.1)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก

จากตารางที่ 4-18 พบว่า ในชั้นที่ 1 (FT) ในข้อที่ 9 มโนทัศน์เรื่อง สถานการณ์ การเกิดพลังงานศักย์เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40.5 ข้อที่ 19 มโนทัศน์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลเป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 71.3 ในชั้นที่ 2 (ST) ในข้อที่ 14 มโนทัศน์เรื่อง การเปลี่ยนรูปพลังงานตามกฎการอนุรักษ์พลังงานเป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.5 ข้อที่ 3 มโนทัศน์ เรื่อง การหาค่าล้างของงาน เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 67.5 ในชั้นที่ 3 (TT) ในข้อที่ 9 มโนทัศน์ เรื่อง สถานการณ์การเกิดพลังงานศักย์เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.5 ข้อที่ 3 มโนทัศน์เรื่อง การหาค่าล้างของงาน เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 75.9 ในชั้นที่ 4 (FoT) ในข้อที่ 6 มโนทัศน์เรื่อง ความหมายของพลังงาน จลน์เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.7 ข้อที่ 18 มโนทัศน์เรื่อง ความหมายของ แรงอนุรักษ์เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.9 ในชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1)

ในข้อที่ 9 มโนทัศน์ เรื่อง สถานการณ์การเกิดพลังงานศักย์เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 23.5 ในข้อที่ 3 มโนทัศน์เรื่องการหาค่าล่งของงาน เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 53.1 ในชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) ในข้อที่ 9 มโนทัศน์เรื่อง สถานการณ์การเกิดพลังงานศักย์เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 24.8 ข้อที่ 3 มโนทัศน์ เรื่อง การหาค่าล่งของงาน เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.2 ในชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) ในข้อที่ 6 มโนทัศน์เรื่อง ความหมายของพลังงานจลน์เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 22.7 ข้อที่ 19 มโนทัศน์เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลเป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 42.4 ในชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) ในข้อที่ 6 มโนทัศน์ เรื่อง ความหมายของพลังงานจลน์เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 12.0 ข้อที่ 3 มโนทัศน์เรื่อง การหาค่าล่งของงาน เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27.5

7. การแปลผลมโนทัศน์ของนักเรียนจากแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ชั้น
ได้ผล ดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 การแปลผลมโนทัศน์ของนักเรียนจากแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ชั้น

ข้อ	มโนทัศน์ มีความเข้าใจ	มโนทัศน์ ไม่เข้าใจแนวคิด	มโนทัศน์ เข้าใจแนวคิดผิด	ความผิดพลาด
1	120 (17.1)	436 (62.1)	109 (15.5)	36 (5.1)
2	182 (26.0)	426 (60.8)	74 (10.6)	24 (3.4)
3	206 (29.4)	421 (60.1)	37 (5.3)	37 (5.3)
4	106 (15.1)	462 (65.9)	67 (9.5)	66 (9.4)
5	140 (20.0)	460 (65.6)	77 (11.0)	24 (3.4)
6	84 (12.0)	511 (72.9)	66 (9.4)	40 (5.7)

ตารางที่ 4-19 (ต่อ)

ข้อ	มโนทัศน์ มีความเข้าใจ	มโนทัศน์ ไม่เข้าใจแนวคิด	มโนทัศน์ เข้าใจแนวคิดผิด	ความผิดพลาด
7	110 (15.7)	453 (64.6)	93 (13.3)	45 (6.4)
8	123 (17.5)	441 (63.0)	89 (12.7)	48 (6.8)
9	119 (16.9)	462 (65.9)	63 (9.0)	60 (8.6)
10	171 (24.4)	440 (62.8)	53 (7.6)	37 (5.3)
11	150 (21.4)	439 (62.6)	79 (11.3)	33 (4.7)
12	118 (16.8)	460 (65.6)	85 (12.1)	38 (5.4)
13	125 (17.8)	445 (63.4)	83 (11.8)	48 (6.8)
14	118 (16.8)	388 (55.3)	133 (19.0)	62 (8.8)
15	146 (20.8)	432 (61.6)	58 (8.2)	65 (9.3)
16	103 (14.7)	440 (62.8)	100 (14.3)	58 (8.3)
17	126 (18.0)	483 (68.9)	69 (9.8)	23 (3.3)
18	116 (16.5)	402 (57.3)	100 (14.3)	83 (11.8)
19	182 (26.0)	412 (58.8)	75 (10.7)	32 (4.6)

ตารางที่ 4-19 (ต่อ)

ข้อ	มโนทัศน์ มีความเข้าใจ	มโนทัศน์ ไม่เข้าใจแนวคิด	มโนทัศน์ เข้าใจแนวคิดผิด	ความผิดพลาด
20	137 (19.5)	455 (64.9)	81 (11.6)	28 (4.0)
เฉลี่ย	19.12	63.25	11.35	6.32

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ ร้อยละการตอบของนักเรียน

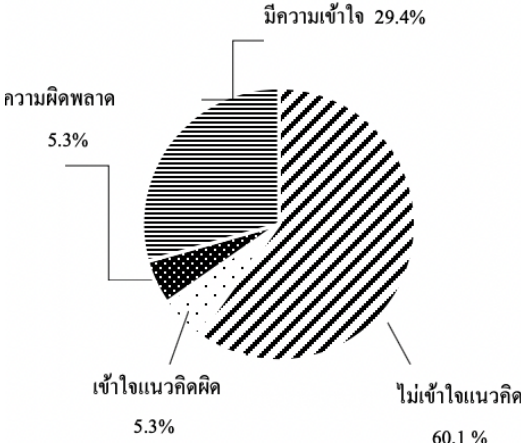
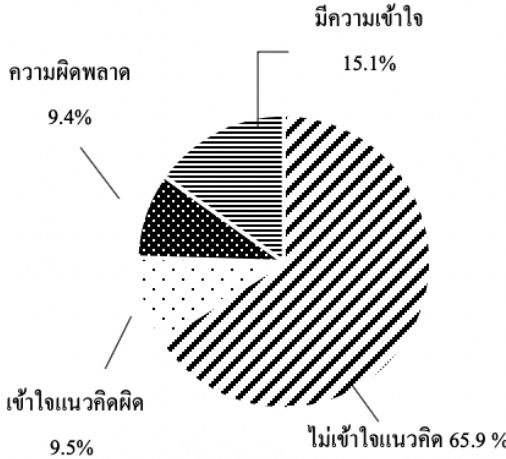
จากตารางที่ 4-19 การแปลผลมโนทัศน์ของนักเรียนจากแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ชั้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ไม่เข้าใจแนวคิด คิดเป็นร้อยละ 63.25 นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบได้ถูกต้องมากที่สุดข้อที่ 3 มโนทัศน์เรื่อง การหาค่าตั้ง ส่วนข้อที่ 6 มโนทัศน์เรื่อง ความหมายพลังงานจลน์เป็นข้อที่นักเรียนมีมโนทัศน์ถูกต้องน้อยที่สุด และเป็นมโนทัศน์ที่นักเรียนไม่เข้าใจในแนวคิด ซึ่งโดยรวมแล้วนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง สามารถทำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ได้ร้อยละ 19.12

8. ผู้วิจัยวิเคราะห์ประเภทของมโนทัศน์ของนักเรียนจากจำนวนนักเรียนทั้งหมด ได้จำแนกมโนทัศน์ออกเป็น 4 ประเภท มโนทัศน์มีความเข้าใจ มโนทัศน์ไม่เข้าใจแนวคิด มโนทัศน์เข้าใจแนวคิดผิด และความผิดพลาด

ตารางที่ 4-20 จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่ตลาดเคลื่อน										
1. มโนทัศน์ เรื่อง ความหมาย ของงาน ในทางฟิสิกส์ คำถาม: ข้อใด ต่อไปนี่ ไม่เกิดงาน ในความหมาย ของงาน ทางฟิสิกส์	<table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม: ความหมายของงาน</caption> <thead> <tr> <th>มโนทัศน์</th> <th>จำนวนนักเรียน (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>62.1%</td> </tr> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>17.1%</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>15.5%</td> </tr> <tr> <td>ความคิดพลาด</td> <td>5.1%</td> </tr> </tbody> </table>	มโนทัศน์	จำนวนนักเรียน (%)	ไม่เข้าใจแนวคิด	62.1%	มีความเข้าใจ	17.1%	เข้าใจแนวคิดผิด	15.5%	ความคิดพลาด	5.1%	<ul style="list-style-type: none"> - เมื่อมีความสูงจะมีงานเกิดขึ้นเสมอ - งานจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงและระยะทางมีทิศเดียวกัน - งานจะเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทิศเดียวกับแรง
มโนทัศน์	จำนวนนักเรียน (%)											
ไม่เข้าใจแนวคิด	62.1%											
มีความเข้าใจ	17.1%											
เข้าใจแนวคิดผิด	15.5%											
ความคิดพลาด	5.1%											
2. มโนทัศน์ เรื่อง วิเคราะห์ สถานการณ์ การเกิดงาน คำถาม: สถานการณ์ ต่อไปนี้น่า ในข้อใดมีค่า เป็นศูนย์	<table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม: วิเคราะห์สถานการณ์การเกิดงาน</caption> <thead> <tr> <th>มโนทัศน์</th> <th>จำนวนนักเรียน (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>60.8%</td> </tr> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>26.0%</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>10.6%</td> </tr> <tr> <td>ความคิดพลาด</td> <td>3.4%</td> </tr> </tbody> </table>	มโนทัศน์	จำนวนนักเรียน (%)	ไม่เข้าใจแนวคิด	60.8%	มีความเข้าใจ	26.0%	เข้าใจแนวคิดผิด	10.6%	ความคิดพลาด	3.4%	<ul style="list-style-type: none"> - ทิศของแรง และแนวการเคลื่อนที่มีทิศเดียวกัน - ทิศของแรง และแนวการเคลื่อนที่ทำมุมกัน - ทิศของแรง และแนวการเคลื่อนที่ตรงข้าม
มโนทัศน์	จำนวนนักเรียน (%)											
ไม่เข้าใจแนวคิด	60.8%											
มีความเข้าใจ	26.0%											
เข้าใจแนวคิดผิด	10.6%											
ความคิดพลาด	3.4%											

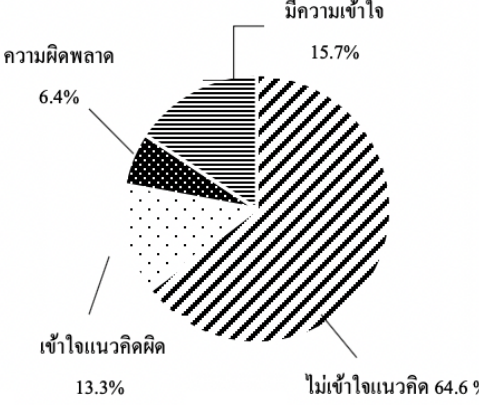
ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน										
<p>3. มโนทัศน์ เรื่อง การหา กำลัง คำถาม: ยกของมวล 100 กิโลกรัม ขึ้นสูง 10 เมตร ในเวลา 20 วินาที จงหาลำกำลังของ</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม (ข้อ 3)</caption> <thead> <tr> <th>ประเภทมโนทัศน์</th> <th>ร้อยละ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>29.4%</td> </tr> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>60.1%</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>5.3%</td> </tr> <tr> <td>ความผิดพลาด</td> <td>5.3%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภทมโนทัศน์	ร้อยละ	มีความเข้าใจ	29.4%	ไม่เข้าใจแนวคิด	60.1%	เข้าใจแนวคิดผิด	5.3%	ความผิดพลาด	5.3%	<ul style="list-style-type: none"> - กำลังหาได้แรงคูณกับระยะทางที่ตั้งฉากตามแนวแรง - กำลังหาได้จากมวลคูณความสูงต่อหนึ่งหน่วยเวลา - กำลังหาได้จากงานที่กระทำในหนึ่งหน่วยเวลาคูณกับมวลของวัตถุ
ประเภทมโนทัศน์	ร้อยละ											
มีความเข้าใจ	29.4%											
ไม่เข้าใจแนวคิด	60.1%											
เข้าใจแนวคิดผิด	5.3%											
ความผิดพลาด	5.3%											
<p>4. มโนทัศน์ เรื่อง การหา กำลังเฉลี่ย คำถาม: กำลังเฉลี่ยเกี่ยวข้องกับปริมาณใด</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม (ข้อ 4)</caption> <thead> <tr> <th>ประเภทมโนทัศน์</th> <th>ร้อยละ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>15.1%</td> </tr> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>65.9%</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>9.5%</td> </tr> <tr> <td>ความผิดพลาด</td> <td>9.4%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภทมโนทัศน์	ร้อยละ	มีความเข้าใจ	15.1%	ไม่เข้าใจแนวคิด	65.9%	เข้าใจแนวคิดผิด	9.5%	ความผิดพลาด	9.4%	<ul style="list-style-type: none"> - กำลังเฉลี่ยมีความหมายเดียวกับแรง - กำลังเฉลี่ยมีความหมายเดียวกับพลังงาน - กำลังเฉลี่ยคือความเร็วในการทำงานของแรงที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา
ประเภทมโนทัศน์	ร้อยละ											
มีความเข้าใจ	15.1%											
ไม่เข้าใจแนวคิด	65.9%											
เข้าใจแนวคิดผิด	9.5%											
ความผิดพลาด	9.4%											

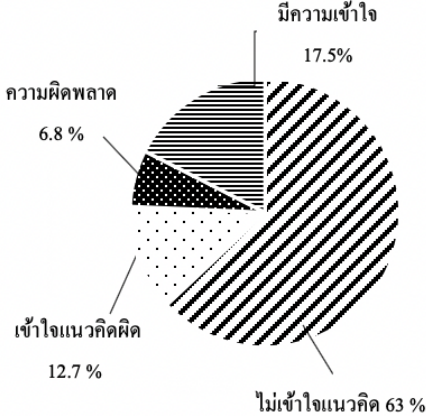
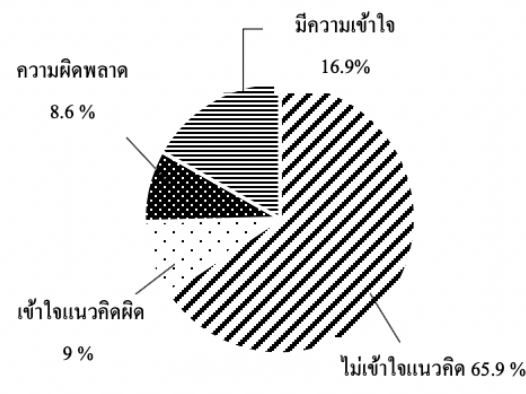
ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่ตลาดเคลื่อน
<p>5. มโนทัศน์ เรื่อง พลังงาน ศักย์โน้มถ่วง ของวัตถุนบนผิว โลกและบนผิว ดวงจันทร์ คำถาม: วัตถุ มวล m อยู่สูง จากพื้นเป็น ระยะทาง h พลังงานศักย์ โน้มถ่วงของ วัตถุนบนผิวโลก และบนผิว ดวงจันทร์ จะมีค่าเท่ากัน หรือไม่</p>	<p>มีความเข้าใจ 20.0%</p> <p>ความผิดพลาด 3.4%</p> <p>เข้าใจแนวคิดผิด 11%</p> <p>ไม่เข้าใจแนวคิด 65.6%</p>	<p>- g บนผิวโลกน้อยกว่า g บนผิวดวงจันทร์</p> <p>- g บนผิวโลกมีค่าเป็น ครึ่งหนึ่งของ g บนผิวของดวงจันทร์</p> <p>- ค่า g บนผิวโลก และ ผิวของดวงจันทร์ มีค่าเท่ากัน</p>

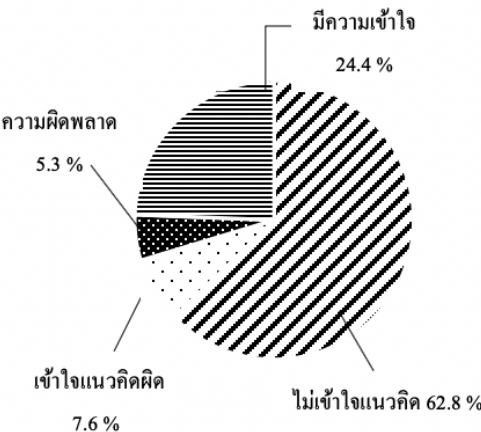
ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน										
<p>6. มโนทัศน์เรื่อง ความหมายของพลังงานจลน์ คำถาม: ข้อใดกล่าวถึงความหมายของพลังงานจลน์ได้ถูกต้อง</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลสำหรับกราฟวงกลมที่ 6</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>72.9%</td> </tr> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>12.0%</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>9.4%</td> </tr> <tr> <td>ความคิดพลาด</td> <td>5.7%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	เปอร์เซ็นต์	ไม่เข้าใจแนวคิด	72.9%	มีความเข้าใจ	12.0%	เข้าใจแนวคิดผิด	9.4%	ความคิดพลาด	5.7%	<ul style="list-style-type: none"> - พลังงานจลน์เกิดจากวัตถุไม่เคลื่อนที่ - วัตถุที่เคลื่อนที่เร็วกว่า จะมีพลังงานจลน์น้อยกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ช้า - วัตถุเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก จะมีพลังงานจลน์เสมอ
ประเภท	เปอร์เซ็นต์											
ไม่เข้าใจแนวคิด	72.9%											
มีความเข้าใจ	12.0%											
เข้าใจแนวคิดผิด	9.4%											
ความคิดพลาด	5.7%											
<p>7. มโนทัศน์เรื่อง ความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์มวลและความเร็ว คำถาม: วัตถุก้อนหนึ่งเดิมมีความเร็ว v ต่อมาความเร็วเปลี่ยน $2v$ อยากทราบว่าพลังงานจลน์ของวัตถุเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าไร</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลสำหรับกราฟวงกลมที่ 7</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>64.6%</td> </tr> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>15.7%</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>13.3%</td> </tr> <tr> <td>ความคิดพลาด</td> <td>6.4%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	เปอร์เซ็นต์	ไม่เข้าใจแนวคิด	64.6%	มีความเข้าใจ	15.7%	เข้าใจแนวคิดผิด	13.3%	ความคิดพลาด	6.4%	<ul style="list-style-type: none"> - พลังงานจลน์แปรผกผันกับมวล - มวลไม่เกี่ยวข้องกับพลังงานจลน์ - พลังงานจลน์แปรผกผันกับทิศการเคลื่อนที่ของมวล
ประเภท	เปอร์เซ็นต์											
ไม่เข้าใจแนวคิด	64.6%											
มีความเข้าใจ	15.7%											
เข้าใจแนวคิดผิด	13.3%											
ความคิดพลาด	6.4%											

ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน										
<p>8. มโนทัศน์ เรื่อง การเกิด พลังงานศักย์ โน้มถ่วง คำถาม: เมื่อวาง วัตถุไว้บนโต๊ะ จะส่งผลให้เกิด พลังงานใด</p>	 <table border="1"> <caption>Data for Item 8 Pie Chart</caption> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>63%</td> </tr> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>17.5%</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>12.7%</td> </tr> <tr> <td>ความผิดพลาด</td> <td>6.8%</td> </tr> </tbody> </table>	Category	Percentage	ไม่เข้าใจแนวคิด	63%	มีความเข้าใจ	17.5%	เข้าใจแนวคิดผิด	12.7%	ความผิดพลาด	6.8%	<ul style="list-style-type: none"> - พลังงานจลน์ - พลังงานกล - วัตถุที่วางอยู่บนโต๊ะ จะไม่เกิดการเคลื่อนที่ - วัตถุมีการเปลี่ยนรูป ของพลังงาน
Category	Percentage											
ไม่เข้าใจแนวคิด	63%											
มีความเข้าใจ	17.5%											
เข้าใจแนวคิดผิด	12.7%											
ความผิดพลาด	6.8%											
<p>9. มโนทัศน์ เรื่อง สถานการณ์ การเกิด พลังงานศักย์ โน้มถ่วง คำถาม: วัตถุ ในข้อใด มีพลังงานศักย์ โน้มถ่วง</p>	 <table border="1"> <caption>Data for Item 9 Pie Chart</caption> <thead> <tr> <th>Category</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>65.9%</td> </tr> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>16.9%</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>ความผิดพลาด</td> <td>8.6%</td> </tr> </tbody> </table>	Category	Percentage	ไม่เข้าใจแนวคิด	65.9%	มีความเข้าใจ	16.9%	เข้าใจแนวคิดผิด	9%	ความผิดพลาด	8.6%	<ul style="list-style-type: none"> - พลังงานศักย์โน้มถ่วง เกิดขึ้นเมื่อมีความเร็ว - พลังงานศักย์โน้มถ่วง เกิดขึ้นเมื่อวัตถุ - พลังงานศักย์โน้มถ่วง จะเกิดขึ้นเมื่อมีแรง กระทำตามแนวราบ
Category	Percentage											
ไม่เข้าใจแนวคิด	65.9%											
มีความเข้าใจ	16.9%											
เข้าใจแนวคิดผิด	9%											
ความผิดพลาด	8.6%											

ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน										
<p>10. มโนทัศน์ เรื่อง การหา พลังงานศักย์ โน้มถ่วง คำถาม: วัตถุมวล 5 กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัม ตกอย่างอิสระ จากที่สูง 10 เมตร และ 5 เมตร ตามลำดับ พลังงานศักย์ ที่เกิดขึ้นเป็น เท่าใด</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลมสำหรับข้อ 10</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>62.8 %</td> </tr> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>24.4 %</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>7.6 %</td> </tr> <tr> <td>ความผิดพลาด</td> <td>5.3 %</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	เปอร์เซ็นต์	ไม่เข้าใจแนวคิด	62.8 %	มีความเข้าใจ	24.4 %	เข้าใจแนวคิดผิด	7.6 %	ความผิดพลาด	5.3 %	<ul style="list-style-type: none"> - การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ขึ้นอยู่กับเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ - พลังงานศักย์ของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเมื่อยิ่งเคลื่อนที่ใกล้โลก - พลังงานศักย์โน้มถ่วงไม่เกี่ยวข้องกับความเร็ว
ประเภท	เปอร์เซ็นต์											
ไม่เข้าใจแนวคิด	62.8 %											
มีความเข้าใจ	24.4 %											
เข้าใจแนวคิดผิด	7.6 %											
ความผิดพลาด	5.3 %											
<p>11. มโนทัศน์ เรื่อง การเกิด พลังงานศักย์ ยืดหยุ่น คำถาม: ข้อใด ต่อไปนี่ กล่าวถึง พลังงานศักย์ ยืดหยุ่นได้ ถูกต้องที่สุด</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลมสำหรับข้อ 11</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>62.6 %</td> </tr> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>21.4 %</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>11.3 %</td> </tr> <tr> <td>ความผิดพลาด</td> <td>4.7 %</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	เปอร์เซ็นต์	ไม่เข้าใจแนวคิด	62.6 %	มีความเข้าใจ	21.4 %	เข้าใจแนวคิดผิด	11.3 %	ความผิดพลาด	4.7 %	<ul style="list-style-type: none"> - พลังงานศักย์ยืดหยุ่นแปรผกผันกับระยะทางที่สปริงยืดออก - พลังงานศักย์ยืดหยุ่นแปรผันตรงกับความเร็ว - พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของวัตถุ มีค่าคงตัวไม่ว่าจะยืดออกหรือหดเท่าใด
ประเภท	เปอร์เซ็นต์											
ไม่เข้าใจแนวคิด	62.6 %											
มีความเข้าใจ	21.4 %											
เข้าใจแนวคิดผิด	11.3 %											
ความผิดพลาด	4.7 %											

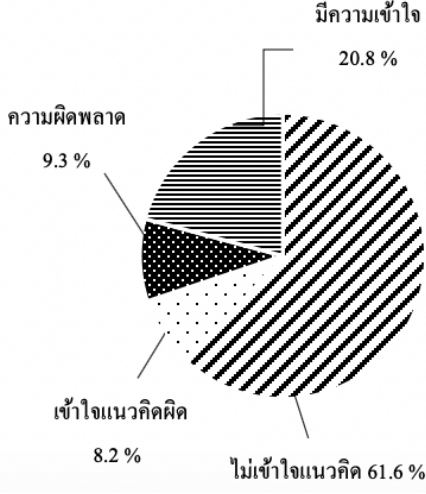
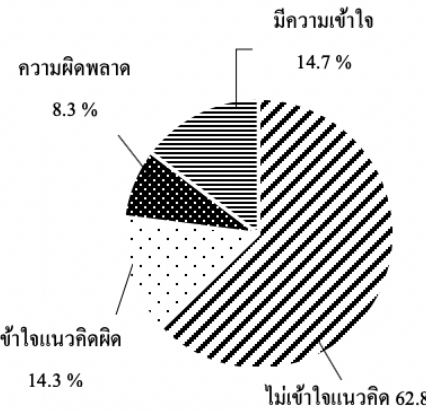
ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน										
<p>12. มโนทัศน์ เรื่อง กฎ การอนุรักษ์ พลังงาน คำถาม: ข้อใดต่อไปนี กล่าวถึงกฎ การอนุรักษ์ พลังงาน ได้ถูกต้อง</p>	<table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลมสำหรับข้อ 12</caption> <thead> <tr> <th>ประเภทมโนทัศน์</th> <th>ร้อยละ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>16.8 %</td> </tr> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>65.6 %</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>12.1 %</td> </tr> <tr> <td>ความคิดพลาด</td> <td>5.4 %</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภทมโนทัศน์	ร้อยละ	มีความเข้าใจ	16.8 %	ไม่เข้าใจแนวคิด	65.6 %	เข้าใจแนวคิดผิด	12.1 %	ความคิดพลาด	5.4 %	<ul style="list-style-type: none"> - พลังงานมีการสูญหาย และสามารถเกิดขึ้นมาใหม่ได้ - เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำส่งผลให้พลังงานจะเปลี่ยนรูป - พลังงานจะเกิดการเปลี่ยนรูป และผลรวมของพลังงานจะเปลี่ยนไปตามรูปแบบที่เปลี่ยน
ประเภทมโนทัศน์	ร้อยละ											
มีความเข้าใจ	16.8 %											
ไม่เข้าใจแนวคิด	65.6 %											
เข้าใจแนวคิดผิด	12.1 %											
ความคิดพลาด	5.4 %											
<p>13. มโนทัศน์ เรื่อง สมการ กฎอนุรักษ์ พลังงานใน กรณีที่ไม่มีแรง ภายนอกกระทำ คำถาม: ข้อใด คือ สมการ กฎอนุรักษ์ พลังงานที่ ตำแหน่ง A และตำแหน่ง B ในกรณีที่มี แรงภายนอก กระทำ</p>	<table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลมสำหรับข้อ 13</caption> <thead> <tr> <th>ประเภทมโนทัศน์</th> <th>ร้อยละ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>17.8 %</td> </tr> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวคิด</td> <td>63.4 %</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวคิดผิด</td> <td>11.8 %</td> </tr> <tr> <td>ความคิดพลาด</td> <td>6.8 %</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภทมโนทัศน์	ร้อยละ	มีความเข้าใจ	17.8 %	ไม่เข้าใจแนวคิด	63.4 %	เข้าใจแนวคิดผิด	11.8 %	ความคิดพลาด	6.8 %	<ul style="list-style-type: none"> - พลังงานตอนหลังจะมากกว่าพลังงานเริ่มต้น - พลังงานเริ่มต้นจะมีค่ามากกว่าพลังงานตอนหลังเพราะมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้น - พลังงานเริ่มต้นจะเท่ากับพลังงานตอนหลัง ผลรวมของพลังงานแต่ละตำแหน่งจะไม่คงที่
ประเภทมโนทัศน์	ร้อยละ											
มีความเข้าใจ	17.8 %											
ไม่เข้าใจแนวคิด	63.4 %											
เข้าใจแนวคิดผิด	11.8 %											
ความคิดพลาด	6.8 %											

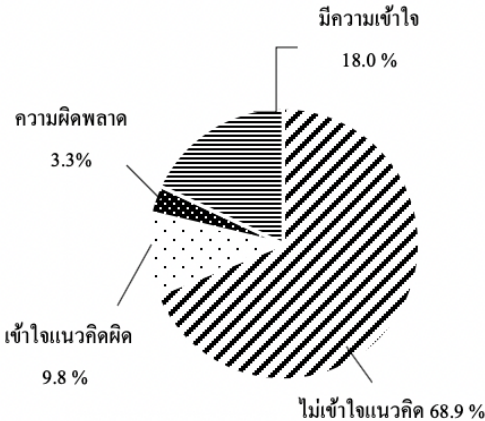
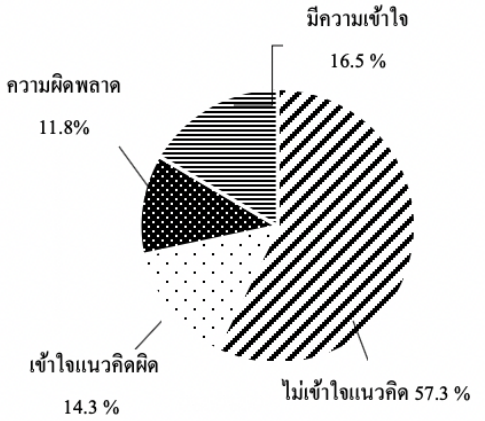
ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน
<p>14. มโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยน รูปพลังงานตาม กฎการอนุรักษ์ พลังงาน คำถาม: สถานการณ์ การผลิต กระแสไฟฟ้า จากน้ำในเขื่อน ข้อใดต่อไปนี้ กล่าวถึง การเปลี่ยนรูป พลังงานที่ ถูกต้องตามกฎ การอนุรักษ์ พลังงาน</p>	<p>มีความเข้าใจ 16.8 % ความคิดพลาด 8.8 % เข้าใจแนวคิดผิด 19 % ไม่เข้าใจแนวคิด 55.3 %</p>	<ul style="list-style-type: none"> - วัตถุจะมีพลังงานกลเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น - วัตถุจะมีพลังงานศักย์เพิ่มขึ้น เมื่อน้ำไหลเร็วขึ้น - พลังงานกลของวัตถุมีค่าไม่คงตัว และพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของวัตถุ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน										
<p>15. มโนทัศน์ เรื่อง หลักการของ เครื่องกลผ่อน แรง คำถาม: การ ใช้เสียมงัดดิน เป็นการใช้ หลักการของ เครื่องกลผ่อน แรงชนิดใด</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลสำหรับกราฟวงกลมที่ 15</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>20.8 %</td> </tr> <tr> <td>ความคิดพลาด</td> <td>9.3 %</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวความคิด</td> <td>8.2 %</td> </tr> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวความคิด</td> <td>61.6 %</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	เปอร์เซ็นต์	มีความเข้าใจ	20.8 %	ความคิดพลาด	9.3 %	เข้าใจแนวความคิด	8.2 %	ไม่เข้าใจแนวความคิด	61.6 %	<ul style="list-style-type: none"> - การให้แรงในแนวตั้งฉากกับส่วนหัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแรงตั้งฉากไปแนวแรงในแนวตั้งฉากกับพื้นเอียง - เป็นเครื่องมือกลพื้นฐาน ซึ่งโดยหลักการคือ การใช้พื้นเอียงในการแยกของสองสิ่งออกจากกัน
ประเภท	เปอร์เซ็นต์											
มีความเข้าใจ	20.8 %											
ความคิดพลาด	9.3 %											
เข้าใจแนวความคิด	8.2 %											
ไม่เข้าใจแนวความคิด	61.6 %											
<p>16. มโนทัศน์ เรื่อง เครื่องกลผ่อน แรง (คาน)</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลสำหรับกราฟวงกลมที่ 16</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มีความเข้าใจ</td> <td>14.7 %</td> </tr> <tr> <td>ความคิดพลาด</td> <td>8.3 %</td> </tr> <tr> <td>เข้าใจแนวความคิด</td> <td>14.3 %</td> </tr> <tr> <td>ไม่เข้าใจแนวความคิด</td> <td>62.8 %</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	เปอร์เซ็นต์	มีความเข้าใจ	14.7 %	ความคิดพลาด	8.3 %	เข้าใจแนวความคิด	14.3 %	ไม่เข้าใจแนวความคิด	62.8 %	<ul style="list-style-type: none"> - จะแทรกกลงไปในวัตถุได้ด้วยแรงตอก ฟันลงในร่องจึงนำมาใช้รับโมเมนต์ได้ - แรงพยายามอยู่ใกล้จุดหมุนมาก ๆ - แรงพยายามอยู่ระหว่างจุดหมุนและแรงต้านทาน
ประเภท	เปอร์เซ็นต์											
มีความเข้าใจ	14.7 %											
ความคิดพลาด	8.3 %											
เข้าใจแนวความคิด	14.3 %											
ไม่เข้าใจแนวความคิด	62.8 %											

ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน
17. มโนทัศน์ เรื่อง เครื่องกลผ่อน แรง (รอก)	 <p>มีความเข้าใจ 18.0 % ไม่เข้าใจแนวคิด 68.9 % เข้าใจแนวคิดผิด 9.8 % ความผิดพลาด 3.3 %</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ทุกตำแหน่งผ่อนแรงได้เท่ากัน - มีแรงเสียดทานน้อย - ความต้านทานมาก - ขนาดของเชือกไม่มีผลต่อแรง - ความยาวของเชือกมากช่วยผ่อนแรง
18. มโนทัศน์ เรื่อง ความหมายของ แรงอนุรักษ์ คำถาม: ข้อใด อธิบายแรง อนุรักษ์ได้ ถูกต้องที่สุด	 <p>มีความเข้าใจ 16.5 % ไม่เข้าใจแนวคิด 57.3 % เข้าใจแนวคิดผิด 14.3 % ความผิดพลาด 11.8 %</p>	<ul style="list-style-type: none"> - แรงที่ทำให้เกิดงานเกี่ยวข้องกับเส้นทางเคลื่อนที่ - แรงที่ทำให้ไม่เกิดงานเกี่ยวข้องกับเส้นทางเคลื่อนที่ - แรงของงานอนุรักษ์ทำให้พลังงานกลของวัตถุเปลี่ยนไป

ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน
19. มโนทัศน์ เรื่อง ความสัมพันธ์ ระหว่าง ประสิทธิภาพ ของเครื่องกล และการ ได้เปรียบ เชิงกล	<p>มีความเข้าใจ 26.0 %</p> <p>ความคิดพลาด 4.6%</p> <p>เข้าใจแนวคิดผิด 10.7 %</p> <p>ไม่เข้าใจแนวคิด 58.8 %</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบแรงที่ได้จากเครื่องกลต่อแรงที่ทำให้แก่เครื่องกล ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบกำลังที่ได้จากเครื่องกลต่อกำลังที่ใส่ให้เครื่องกล - ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากเครื่องกลต่อแรงที่ทำให้แก่เครื่องกล ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากเครื่องกลต่อกำลังที่ใส่ให้เครื่องกล

ตารางที่ 4-20 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ	ตัวอย่างมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน
<p>20. มโนทัศน์ เรื่อง การได้เปรียบ เชิงกลของ เครื่องกล อย่างง่าย คำถาม: การ ได้เปรียบ เชิงกลของ เครื่องกลอย่าง ง่ายชนิดหนึ่ง มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า เครื่องกลนั้น เป็นอย่างไร</p>	<p>มีความเข้าใจ 19.5 % ความผิดพลาด 4% เข้าใจแนวคิดผิด 11.6% ไม่เข้าใจแนวคิด 44.9 %</p>	<ul style="list-style-type: none"> - การได้เปรียบเชิงกลเท่ากับกำลังที่ได้จากเครื่องกลต่อกำลังที่ให้กับเครื่องกล - การได้เปรียบเชิงกลเท่ากับกำลังที่ให้กับเครื่องกลต่อกำลังที่ได้จากเครื่องกล - การได้เปรียบเชิงกลเท่ากับแรงที่ใส่ให้เครื่องกลต่อแรงที่ได้จากเครื่องกล แสดงว่าแรงที่ได้จากเครื่องกลน้อยกว่าแรงที่ใส่

จากตาราง 4-20 พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ไม่เข้าใจแนวคิดมากที่สุดในทุกข้อ จำนวนคิดเป็นร้อยละ 63.25 โดยนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ไม่เข้าใจแนวคิดมากที่สุดข้อที่ 6 มีจำนวน 511 คน คิดเป็นร้อยละ 72.9 มโนทัศน์ที่เข้าใจแนวคิดผิดมีจำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 9.4 ความผิดพลาดมีจำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 5.7 มิมโนทัศน์ที่เข้าใจแนวคิดผิดมากที่สุดข้อที่ 14 จำนวน 133 คน คิดเป็นร้อยละ 19 และความผิดพลาดมากที่สุดข้อที่ 18 จำนวน 83 คน คิดเป็นร้อยละ 11.8

ตอนที่ 4 คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่อง งานและพลังงาน
ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจนำแบบทดสอบฉบับนี้ไปใช้ซึ่งรายละเอียด
ประกอบด้วย

1. ความมุ่งหมายของแบบทดสอบ
2. หลักการและแนวคิด
3. โครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น
4. กระบวนการพัฒนาแบบทดสอบ
5. เวลาที่ใช้ดำเนินการสอบ
6. วิธีดำเนินการสอบ
7. การตรวจให้คะแนน
8. การแปลผล
9. การวินิจฉัย
10. ข้อเสนอแนะสำหรับการวินิจฉัย

สำหรับรายละเอียดคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น
เรื่อง งานและพลังงาน ได้แสดงไว้ใน ภาคผนวก ข

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นในด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 3) เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และ 4) สร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจเพื่อหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) จำนวนนักเรียน 100 คน กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) จำนวนนักเรียน 360 คน กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดชลบุรี กำหนดจำนวนจากโปรแกรมสำเร็จรูป G*power ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 570 คน และเพื่อเป็นการชดเชยการตอบกลับของแบบทดสอบวินิจฉัย ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มจำนวนแบบทดสอบวินิจฉัยจำนวน 131 ฉบับ โดยคิดเป็นร้อยละ 23 รวมมีกลุ่มตัวอย่างที่ 3 จำนวน 701 คน ซึ่งสุ่มมาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องงานและพลังงาน จำนวน 20 ข้อ โดยมีลักษณะเป็นแบบเติมคำตอบลงในช่องว่าง แล้วบอกเหตุผลประกอบการตอบหรือแสดงวิธีคิด เพื่อนำไปสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น 2) แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น โดยชั้นที่หนึ่งเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำถามได้มาจากแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน และตัวลวงได้มาจากการรวบรวมคำตอบผิดของนักเรียนในแบบสำรวจเช่นกัน ชั้นที่สองเป็นการยืนยันคำตอบในชั้นแรกว่ามั่นใจในคำตอบหรือไม่โดยมีระดับความมั่นใจ หก ระดับ ชั้นที่สามเป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนการตอบชั้นที่หนึ่ง มีลักษณะเป็นตัวเลือก 4 ตัวเลือก โดยมีเหตุผลที่ถูกต้องเพียงเหตุผลเดียว นอกจากนั้นเป็นตัวลวงที่ได้มาจากการรวบรวมเหตุผลที่ผิดที่นักเรียนตอบมาในแบบสำรวจมโนทัศน์ และชั้นที่สี่เป็นการยืนยันคำตอบในชั้นที่สามว่ามั่นใจในคำตอบหรือไม่ โดยมีระดับความมั่นใจหก ระดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยนำแบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน เพื่อสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียน ข้อบกพร่อง และรวบรวมคำตอบผิด ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ได้เรียนเนื้อหาดังกล่าวไปแล้วในช่วงที่เรียนอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อได้แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ขั้นแล้วนำไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 260 คน จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของแบบทดสอบ แล้วนำแบบทดสอบวินิจฉัยที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับกลุ่มตัวอย่างมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 100 คน จากนั้นนำแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามขั้นที่ผ่านการทดลองใช้ทั้ง 2 ครั้ง มาใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเขต 18 จำนวน 701 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ และวิเคราะห์ห่มโนทัศน์ของนักเรียน

วิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content validity) คำนวณได้จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ (IOC) หาค่าความยาก (Difficulty) โดยใช้สูตรการหาค่าความยากของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ หาคะแนนจุดตัด (Cut-off score) โดยใช้วิธีการหาคะแนนจุดตัดตามวิธีของ Angoff หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Power) โดยใช้สูตรของ D.R Whitney and D.L Sabers หาค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) และหาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตร Livingston

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ขั้น

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ขั้น เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการศึกษาหลักสูตร โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ วิเคราะห์เนื้อหาและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงาน แล้วนำมาสร้างเป็นแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน เพื่อสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียนแล้วนำผลการทดสอบมารวบรวมคำตอบผิดเพื่อสร้างเป็นตัวลงของข้อสอบแต่ละข้อในขั้นที่ 1 (FT) ซึ่งมีคำตอบสี่ตัวเลือก ขั้นที่ 2 (ST) เป็นการยืนยันคำตอบในขั้นแรกว่ามั่นใจในคำตอบหรือไม่โดยมีระดับความมั่นใจ หกระดับ คือ คาดเดา เกือบคาดเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ มั่นใจมาก และมั่นใจมากที่สุด ขั้นที่ 3 (TT) เป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนการตอบขั้นที่หนึ่ง มีลักษณะเป็นตัวเลือก 4 ตัวเลือก โดยมีเหตุผลที่ถูกต้องเพียงเหตุผลเดียว นอกจากนั้นเป็นตัวลงที่ได้มาจากการรวบรวมเหตุผลที่ผิดที่นักเรียนตอบมาในแบบสำรวจมโนทัศน์ และขั้นที่ 4 (FoT) เป็นการยืนยันคำตอบในขั้นที่สามว่ามั่นใจในคำตอบหรือไม่ โดยมีระดับความมั่นใจหกระดับ คือ คาดเดา เกือบคาดเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ

มั่นใจมาก และมั่นใจมากที่สุด ได้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 20 ข้อ

ตอนที่ 2 คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

1. การตรวจสอบคุณภาพรายข้อ

1.1 การทดลองครั้งที่ 1 กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 260 คน

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่อง งานและพลังงานสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 ข้อ ไปทดลองใช้ ครั้งที่ 1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อ แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่มีค่าความยากตั้งแต่ .20-.80 D.R Whitney and D.L Sabers (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2548, หน้า 109) และค่าอำนาจผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป D.R Whitney and D.L Sabers (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2548, หน้า 109) จำนวน 13 ข้อ ส่วนข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 7 ข้อ ได้ทำการปรับปรุงคำถาม และตัวเลือก นำไปทดลองใช้ครั้งที่สอง

1.2 การทดลองครั้งที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง 100 คน

ผลการตรวจสอบคุณภาพ พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีความยาก เท่ากับ ผ่านเกณฑ์ที่มีค่าความยากตั้งแต่ .20-.80 D.R Whitney and D.L Sabers (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2548, หน้า 109) และค่าอำนาจเท่ากับ ที่ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป D.R Whitney and D.L Sabers (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2548 หน้า 109) ดังนี้

1.3 การนำแบบทดสอบวินิจฉัยไปใช้จริง กลุ่มตัวอย่าง 701 คน

เมื่อนำข้อสอบที่ผ่านการทดลองหาคุณภาพแล้ว ไปใช้ทดสอบวินิจฉัยจริง กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 701 คน พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีคุณภาพรายข้ออยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ทุกข้อ และทุกชั้น โดยค่าความยากตั้งแต่ .20-.80 และค่าอำนาจที่ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป D.R Whitney and D.L Sabers (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2548, หน้า 109) ดังนี้

ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความยากตั้งแต่ .41-.71 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .40-.73

ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความยากตั้งแต่ .45-.55 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .34-.68

ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความยากตั้งแต่ .53-.72 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .41-.68

ชั้นที่ 4 (FoT) มีค่าความยากตั้งแต่ .43-.48 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .32-.54

ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) มีค่าความยากตั้งแต่ .43-.58 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .43-.54

ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าความยากตั้งแต่ .25-.52 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .44-.75

ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าความยากตั้งแต่ .43-.48 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .42-.48

ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) มีค่าความยากตั้งแต่ .38-.44 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .50-.63

ข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ในระดับค่อนข้างยากจนถึงค่อนข้างง่าย และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นทั้งฉบับ โดยการนำแบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นไปหาคะแนนจุดตัด โดยใช้วิธีแองกอฟฟ์ (Angoff) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 คน ซึ่งได้คะแนนจุดตัด 13 คะแนน แล้วนำไปหาค่าความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

2.1 ความเชื่อมั่น (Reliability)

จากการทดลองใช้ครั้งที่ 1 โดยใช้สูตรของลิวตัน ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น .94 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความเชื่อมั่น .93 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น .93 ชั้นที่ 4 (FoT) มีค่าความเชื่อมั่น .93 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) มีค่าความเชื่อมั่น 0.94 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าความเชื่อมั่น .92 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าความเชื่อมั่น ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 .93 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) มีค่าความเชื่อมั่น .98

จากการทดลองใช้ครั้งที่ 2 โดยใช้สูตรของลิวตัน ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น .88 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความเชื่อมั่น .90 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น .88 ชั้นที่ 4 (FoT) มีค่าความเชื่อมั่น .87 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) ค่าความเชื่อมั่น .88 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าความเชื่อมั่น .89 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าความเชื่อมั่น .88 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่าความเชื่อมั่น .97

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นจากการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 701 คน ได้ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น .92 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความเชื่อมั่น .91 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น .92 ชั้นที่ 4 (FoT) มีค่าความเชื่อมั่น .91 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) .92 มีค่าความเชื่อมั่น ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าความเชื่อมั่น .92 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าความเชื่อมั่น .91 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) มีค่าความเชื่อมั่น .97

2.2 ความเที่ยงตรง (Validity)

ผู้วิจัยหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น จากการทดลองใช้ครั้งที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) มีค่า .95 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 ชั้นที่ 4 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 ค่าเฉลี่ย คือ 11.20, 50.30, 12.16, 46.58, 61.50, 7.68, 58.74 และ 120.24 ตามลำดับ สำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น มีค่า 4.10, 18.41, 4.36, 17.61, 21.80, 4.59, 21.00 และ 40.98 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

วิเคราะห์การตอบถูกในแต่ละชั้นของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น พบว่า ชั้นที่ 1 (FT) เป็นส่วนของคำถามในการตอบการตอบถูก คิดเป็นร้อยละ 60.90 และในส่วนของชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) นักเรียนจะต้องตอบคำถามถูกในชั้นที่ 1 ยืนยันความมั่นใจโดยระดับความมั่นใจในคำถามมีคะแนนมากกว่า 2 คะแนนในชั้นที่ 2 ตอบเหตุผลได้ถูกต้องในชั้นที่ 3 และยืนยันความมั่นใจโดยระดับความมั่นใจในเหตุผลมีคะแนนมากกว่า 2 คะแนน ซึ่งเป็นชั้นที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 12.10

แปลผลมโนทัศน์ของนักเรียนจากแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ชั้น พบว่า นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่มีความเข้าใจถูกต้องที่สามารถทำแบบทดสอบถูกทั้งสี่ชั้นมีจำนวนน้อย ส่วนมโนทัศน์ที่ไม่เข้าใจแนวคิดมีจำนวนมากสุด เมื่อจำแนกมโนทัศน์สามารถจำแนกมโนทัศน์ออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ มโนทัศน์มีความเข้าใจ มโนทัศน์ไม่เข้าใจแนวคิด มโนทัศน์เข้าใจแนวคิดผิด และความผิดพลาด

ผลการวินิจฉัย พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่อง ความหมายของพลังงานจลน์ โดยแบ่งเป็นมโนทัศน์ไม่เข้าใจแนวคิด เรื่อง ความหมายของพลังงานจลน์ มโนทัศน์ที่เข้าใจแนวคิดผิด เรื่อง การเปลี่ยนรูปพลังงานตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน และความผิดพลาด เรื่อง ความหมายของแรงอนุรักษ์ ส่วนนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากที่สุด เรื่อง การหาค่าลึง

ตอนที่ 4 คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย หลักการและแนวคิด ความมุ่งหมายของแบบทดสอบ โครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น กระบวนการพัฒนาแบบทดสอบ เวลาที่ใช้ในการ

ดำเนินการสอบ การตรวจให้คะแนน การแปลผล การวินิจฉัยและข้อเสนอแนะสำหรับการวินิจฉัย ซึ่งคู่มือมีการอธิบายการใช้งานได้ครอบคลุม มีภาษามีใช้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย วิธีดำเนินการสอบมีการระบุไว้อย่างชัดเจนสามารถปฏิบัติตามได้

อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่องงานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นนี้ ขั้นตอนแรกได้มีการสำรวจมโนทัศน์ของนักเรียน โดยให้นักเรียนเขียนคำตอบหรือแสดงวิธีคิด โดยใช้แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนใช้คำถามปลายเปิด เพื่อค้นหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือจุดบกพร่องในมโนทัศน์ต่าง ๆ ของนักเรียน รวมถึงได้มีการสัมภาษณ์นักเรียนและครูผู้สอนที่เกี่ยวข้องชาอยู่ในการสอนฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงานถึงมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่นักเรียนมักจะเข้าใจผิดในระหว่างทำการเรียนการสอน จากนั้นได้คัดเลือกคำตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิดเพื่อมาสร้างเป็นตัวลงในคำถาม และได้นำเหตุผลที่ผิดซึ่งได้มาจากการสำรวจและสัมภาษณ์ที่สอดคล้องกับคำตอบที่ผิดมาสร้างเป็นตัวลงในชั้นที่ 3 ทำให้สามารถสร้างตัวเลือกในแบบทดสอบได้ง่ายขึ้น แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นมีประโยชน์ในการวินิจฉัยนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้ สามารถค้นหาจุดบกพร่องและสาเหตุที่นักเรียนไม่เข้าใจได้ วิธีการเช่นนี้สอดคล้องกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักวิจัยหลายคน เช่น Samsudin et al. (2017, p. 1155) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับเป็นการประเมินผลที่มีเครื่องมือใช้แยกแยะนักเรียนที่มีความเข้าใจผิด ชั้นที่หนึ่งเป็นคำถามมีคำตอบหลายตัวเลือก ชั้นที่สองให้นักเรียนเลือกระดับความมั่นใจ ชั้นที่สามเป็นเหตุผลช่วยเลือกตอบ และชั้นที่สี่ก็คือ ถามความมั่นใจของนักเรียน เช่นเดียวกับ นฤมล อุดรประจักษ์ (2555, หน้า 21) กล่าวว่าแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นเครื่องมือที่ใช้ค้นหาข้อบกพร่องทางการเรียนซึ่งปรับปรุงมาจากแบบทดสอบเพื่อสำรวจ ตัวลวงแต่ละข้อในแบบทดสอบวินิจฉัยมาจากคำตอบผิดที่นักเรียนส่วนมากตอบจากแบบทดสอบเพื่อสำรวจและตัวลวงนั้นสามารถบอกถึงสาเหตุ ข้อบกพร่องลักษณะต่าง ๆ อีกทั้ง ประกาย เครือเนตร (2558, หน้า 14) กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ค้นหาจุดบกพร่องและสาเหตุในการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งผลจากแบบทดสอบทำให้ครูทราบว่านักเรียนคนใดมีจุดบกพร่องในการเรียนเรื่องใด แล้วสามารถนำสาเหตุหรือจุดบกพร่องนั้น ๆ ไปเป็นแนวทางในการแก้ไขและจัดวิธีการสอนซ่อมเสริมได้ตรงจุด

และ ชีรา ชุณสนิท (2558, หน้า 16) กล่าวถึง แบบทดสอบวินิจฉัยว่าเป็นทดสอบที่สร้างและพัฒนาขึ้นเพื่อค้นหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนในวิชาต่าง ๆ เป็นรายบุคคลเพื่อช่วยแก้ไขข้อบกพร่องได้อย่างตรงจุด

2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

2.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

จากผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยใช้สูตรของ โรวินลลี และแฮมเบลตัน ได้รับการพิจารณาตัดสินใจจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน พบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยมีค่าตรงตามเนื้อหา มีค่าอยู่ระหว่าง .80-1.00 ซึ่งพิจารณาจากเกณฑ์ IOC ควรมากกว่าหรือเท่ากับ .80 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 242) แสดงว่า ข้อสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสูง ที่เป็นแบบนี้เพราะข้อสอบวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดจริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 2546) ที่กล่าวว่า เครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหานั้น เครื่องมือต้องถามในเนื้อหาและสาระตรงตามสิ่งที่เป็นสาระของสิ่งที่ต้องการวัดซึ่งอาจเป็นผลมาจากการวิเคราะห์เนื้อหาและมโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน รวมทั้งจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ที่เชี่ยวชาญในการสอนเรื่องนี้ ทำให้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสูง และผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ M G Purwanto Et al. (2018 , p. 113) เรื่องการส่งเสริมการทดสอบแนวคิดไฮโดรลิกการเปลี่ยนแปลงแนวคิดที่หยุดนิ่ง (HCCT) ด้วยแบบทดสอบวินิจฉัย 4 ชั้น โดยมีค่าของความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของข้อสอบทุกข้อ มีค่าเฉลี่ย .84-1.00 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย F Kafiyani et al. (2019, p. 1155) การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับที่จำแนกความเข้าใจเกี่ยวกับของเหลวของนักเรียนมีค่าของความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของข้อสอบทุกข้อ มีค่าเฉลี่ย .70-.90 และสอดคล้องกับ Yang Der-Ching และ Lin Yang-Chi (2015, p. 379) การประเมินภาคปฏิบัติในเด็กอายุ 10-11 ปี และมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับตัวเลข โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับ มีค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา .98

2.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยวิธีหาความสัมพันธ์ของคะแนนแต่ละชั้น ผลปรากฏว่าในขั้นการทดลอง พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นมีค่าอยู่ระหว่าง .84-.99 และในขั้นตอนการวินิจฉัย ความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างชั้นมีค่าอยู่ระหว่าง .72-.95 แสดงว่าข้อสอบมีความสัมพันธ์กันสูง (Ridho Adi Negoro & Viga Karina, 2019, p. 73) การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้นเรื่องการสั้นและคลื่นความสัมพันธ์ระหว่างชั้นมีค่าอยู่ระหว่าง .32-.79 ในส่วนของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้

เมื่อพิจารณาค่าความตรงเชิงโครงสร้างด้วยค่าความความสัมพันธ์ระหว่างชั้น ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) กับชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (AT) ปรากฏว่าความสัมพันธ์กันทางบวก 0.95 ซึ่งแสดงว่ามีความสอดคล้องกันของคะแนนจากคำตอบระหว่างชั้นในทิศทางเดียวกันสูง

2.3 ค่าความยากของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

จากการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อ ค่าความยากของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น ได้ทดลองใช้แบบทดสอบวินิจฉัย 2 ครั้ง ซึ่งการทดลองใช้แบบทดสอบวินิจฉัยครั้งที่หนึ่ง แต่ละชั้นมีค่าความยากตั้งแต่ .02-.72 หลังจากนั้นได้ปรับปรุงข้อที่มีความยากไม่ผ่านเกณฑ์ และได้นำไปทดลองใช้ครั้งที่สอง พบว่า มีค่าความยากในแต่ละชั้นตั้งแต่ .25-.77 โดยกระจายอยู่ระดับค่อนข้างยากถึงค่อนข้างง่าย และเมื่อพิจารณาข้อสอบในแต่ละชั้น พบว่า ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความยากตั้งแต่ .41-.71 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความยากตั้งแต่ .45-.55 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความยากตั้งแต่ .053-.72 ชั้นที่ 4 (FT) มีค่าความยากตั้งแต่ .43-.48 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) มีค่าความยากตั้งแต่ .43-.58 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าความยากตั้งแต่ .25-.52 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าความยากตั้งแต่ .43-.48 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่าความยากตั้งแต่ .38-.44 จะมีค่าความยากต่ำสุดสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ศักดิ์ดา กิ่งไก่อ, 2560, หน้า 140-141) ค่าความยากของข้อสอบของคำถามชั้นที่ 1 อยู่ระหว่าง .06-.80 และค่าความยากของข้อสอบของคำถามชั้นที่ 3 อยู่ระหว่าง .10-.76 และ Ridho Adi Negoro and Viga Karina (2019, p. 73) การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้น เรื่องการสั้นและคลื่นความสัมพันธ์ระหว่างชั้นมีค่าความยากอยู่ระหว่าง .33-.75 และยังสอดคล้องกับงานวิจัย Caleon and Subramaniam (2010, p. 1130) การใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับเพื่อวัดธรรมชาติของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องคลื่น ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นมีค่าความยากอยู่ระหว่าง .07-.51 แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วยคำถาม 4 ส่วน ซึ่งแต่ละชั้นค่าความยากจะยากขึ้น จึงทำให้แบบทดสอบมีค่าความยากมากขึ้นตามจำนวนชั้น แต่เมื่อเทียบกับเกณฑ์แล้วข้อสอบวินิจฉัยทุกชั้นมีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง .20-.80 นั้นหมายความว่า สามารถใช้เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยได้

2.4 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

จากการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อ ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น ได้มีการทดลองใช้แบบทดสอบวินิจฉัย 2 ครั้ง โดยครั้งแรก แบบทดสอบวินิจฉัยในแต่ละชั้นมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .02-.72 จากนั้นผู้วิจัยได้ปรับปรุงข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ และได้นำไปทดลองใช้ครั้งที่สอง พบว่า

มีค่าอำนาจจำแนกในแต่ละชั้นตั้งแต่ 0.25-0.68 และในขั้นตอนการใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .32-.75 ซึ่งอยู่ในระดับถูกต้องบางส่วนถึงถูกต้องส่วนใหญ่ (Brennan et al., 1974, pp. 244-261) และเมื่อพิจารณาข้อสอบในแต่ละชั้น โดย ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .40-.73 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .34-.68 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .41-.68 ชั้นที่ 4 (FT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .32-.54 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .43-.54 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .44-.75 ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .42-.48 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .50-.63 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Ridho Adi Negoro and Viga Karina (2019, p. 73) การพัฒนาแบบทดสอบ วินิจฉัยแบบสี่ชั้นเรื่องการสั้นและคลื่นความสัมพันธ์ระหว่างชั้นมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .31-.55 และ Caleon and Subramaniam (2010) การใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับ เพื่อวัดธรรมชาติของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่อง คลื่น มีค่าอำนาจจำแนก ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 เท่ากับ .38 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยคำถาม 4 ส่วน ซึ่งแต่ละชั้นจะเพิ่มความซับซ้อนของคำถามที่จะจำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ เมื่อเทียบกับเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนกแล้วข้อสอบวินิจฉัยทุกชั้นมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์สามารถใช้เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยได้

2.5 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น จากการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยแต่ละชั้น

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัย ด้วยสูตรของ Livingston ได้คะแนนจุดตัดอยู่ที่ 13 คะแนน ค่าความเชื่อมั่นของการทดลองใช้ครั้งแรก มีค่าความเชื่อมั่นแต่ละชั้นตั้งแต่ .92-.98 ในการทดลองใช้ครั้งที่สอง มีค่าความเชื่อมั่นแต่ละชั้นตั้งแต่ .87-.97 และในการใช้วินิจฉัยมโนทัศน์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจริง มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .91-.97 โดยที่ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 1 (FT) มีค่า .92 ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 2 (ST) มีค่า .91 ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 3 (TT) มีค่า .92 ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 4 (FT) มีค่า .91 ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT1) มีค่า .92 ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 (BT2) มีค่า .92 ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 (BT3) มีค่า .91 ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่า .97 โดยแบบทดสอบวินิจฉัยชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 (AT) มีค่าความอยู่ในระดับสูงที่สุด และค่าความเชื่อมั่นทุกชั้นมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูงมาก พิจารณาจากเกณฑ์ (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2553, หน้า 313-314) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถ้าสูงกว่า .90 ถือว่าอยู่ในระดับสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ศักดิ์ดา

กิ่งโก้, 2560, หน้า 140-141) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบพบว่าขอบเขตค่าความเชื่อมั่นของ คำถามชั้นที่ 1 อยู่ระหว่าง .72-.89 และ ค่าความเชื่อมั่นของคำถามชั้นที่ 3 อยู่ระหว่าง .71-.89 และ M G Purwanto et al. (2018, p. 3) การส่งเสริมการทดสอบแนวคิดไฮโดรลิกการเปลี่ยนแปลง แนวคิดที่หยุดนิ่ง (HCCT) ด้วยแบบทดสอบวินิจฉัย 4 ชั้นมีค่าความเชื่อมั่น .72 และยังคงคล้อง กับงานวิจัย การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัย 4 ชั้น Ridho Adi Negoro and Viga Karina (2019, p. 72) เรื่อง การสั้นและคลื่นซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 .76 และสอดคล้องกับงานวิจัย ธนบดี อินทาคกรวด (2560, หน้า 122) มีค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3 .81 ชั้น 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 .50 ชั้น 3 ร่วมกับชั้นที่ 4 .41

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

จากผลการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ไม่เข้าใจ แนวคิดร้อยละ 63.25 มโนทัศน์มีความเข้าใจร้อยละ 19.12 มโนทัศน์เข้าใจแนวคิดผิดร้อยละ 11.35 และความผิดพลาดร้อยละ 6.32 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ส่วนใหญ่ในสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และจำนวนผู้ที่มีมโนทัศน์ ที่ถูกต้องยังมีจำนวนน้อยมากยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจหรือมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อการ เรียนรู้ (Inadequate performance) ซึ่ง Gilbert (1977, pp. 165-171) กล่าวว่า ถ้ามีจำนวนนักเรียนที่มี มโนทัศน์ที่ถูกต้องร้อยละ 75 ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ร้อยละ 50-70 อยู่ในระดับ พึงพอใจ และต่ำกว่าร้อยละ 50 อยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจ หรือไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อ การเรียนรู้ (Inadequate performance)

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นสามารถจำแนกนักเรียนที่มี มโนทัศน์คลาดเคลื่อนออกเป็นนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิด เข้าใจแนวคิดผิดและความผิดพลาด ซึ่งจาก การนำแบบทดสอบวินิจฉัยไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิด พบว่า มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 63.25 เข้าใจแนวคิดผิดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 11.35 และความผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.32

ตอนที่ 4 คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

โชติ เพชรชื่น (2554, หน้า 7) กล่าวว่า การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย ต้องจัดทำคู่มือ การใช้แบบทดสอบ เพื่อจะได้นำไปวินิจฉัยได้อย่างถูกต้อง คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีการกำหนด จุดมุ่งหมายของแบบทดสอบและมีการอธิบายการใช้งาน วิธีการดำเนินการสอบไว้อย่างชัดเจน สามารถปฏิบัติตามได้ การตรวจและเกณฑ์การให้คะแนน การแปลผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน เป็นไปตามขั้นตอน ซึ่งผลที่ได้สามารถนำมาวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของ

นักเรียนเป็นรายบุคคลได้ สอดคล้องกับ พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551, หน้า 230) กล่าวว่า คำชี้แจงของแบบทดสอบเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของแบบทดสอบ ซึ่งจะช่วยสร้างความเข้าใจในการทำข้อสอบให้แก่ผู้สอบปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง และช่วยป้องกันปัญหาหรือความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินการสอบ นอกจากนี้คำชี้แจงควรประกอบด้วยจุดมุ่งหมาย การวัด ลักษณะของแบบทดสอบ จำนวน ข้อสอบ เวลาที่ใช้ในการสอบ วิธีการตอบ และการตรวจให้คะแนน

ข้อเสนอแนะ

จากการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ผู้ที่สนใจใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ควรศึกษาคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบวินิจฉัยให้เข้าใจ ทั้งนี้เพื่อให้การวินิจฉัยผู้เรียนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เหมาะสำหรับค้นหานักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน โดยผลการวินิจฉัยสามารถแยกนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง นักเรียนที่ขาดความรู้ นักเรียนที่ขาดหรือขาดความเชื่อมั่น และนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพื่อเป็นข้อมูลแก้ไขและพัฒนา มโนทัศน์ของนักเรียนและสร้างความพร้อมในการเรียนในเรื่องอื่น ๆ

1.3 ควรให้นักเรียนได้ทราบผลการวินิจฉัยอย่างรวดเร็ว และเมื่อครูผู้สอน พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในมโนทัศน์เรื่องใด ควรจัดการสอนซ่อมเสริมให้หรือหาวิธีปรับเปลี่ยนแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนก่อนการเรียนเนื้อหาต่อไป และถ้าพบนักเรียนที่ขาดความรู้ในมโนทัศน์นั้นควรที่จะซ่อมเสริม หรือปรับเปลี่ยน ออกแบบวิธีการเรียนการสอน เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในมโนทัศน์นั้น ๆ เพื่อที่จะได้มีความรู้ที่ถูกต้องสามารถเรียนรู้ในระดับสูงขึ้นได้

1.4 ครูผู้สอนสามารถสร้างข้อสอบให้มีจำนวนมากพอตามต้องการ โดยศึกษาคู่มือการใช้แบบทดสอบ ซึ่งจะทำให้วินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนได้ตรงจุดมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำผลไปต่อยอดโดยการวิจัยและพัฒนาเพื่อแก้ปัญหานักเรียนเพื่อจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ให้มีประสิทธิภาพและนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

2.2 สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในเนื้อหาเรื่องอื่น ๆ หรือในวิชาอื่น ๆ เพราะการศึกษาวิจัยเรื่องนี้ และทำสำเร็จจนมีปริมาณที่มากพอก็อาจสามารถสร้างทิศทางหรือระบบการเรียนการสอนที่ใช้ในการทดสอบการคิดของนักเรียน และส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง

2.3 ควรศึกษาวิจัย วิธีแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง งาน และพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.4 ควรต่อยอดโดยการเขียนโปรแกรมวิเคราะห์หารูปแบบคำตอบ จากการตอบคำถามมโนทัศน์ทั้ง 4 ชั้น เพื่อสะดวกและประหยัดเวลาในการหารูปแบบคำตอบ

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2539). *แนวทางสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน*.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- โกวิท ประวาลพุกษ์ และสมศักดิ์ สินธุระเวชอยู่. (2527). *การประเมินในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ:
วัฒนาพานิช.
- จุฬารัตน ชุมพล. (2555). *การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องแรง
และพลังงาน สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,
สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชวลิต ชูคำแหง. (2550). *การประเมินการเรียนรู้*. คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2553). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 12). ไทยเนรมิต อินเตอร์
โพรเกรสซีฟ.
- โชติกา ภาษีผล. (2554). *การสร้างและพัฒนาเครื่องมือในการวัดและประเมินผลการศึกษา
(พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน. (2556). *การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย*. มหาสารคาม:
ตักศิลาการพิมพ์.
- ชนบดี อินหาดกรวด. (2560). *การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชา
ชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างแบบสอบวินิจฉัย
แบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับปริญญาครุศาสตร์ สาขาวิชาการวัดและประเมินผล
การศึกษา*. กรุงเทพฯ: ครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประยูรศรี กวานปรัชชา. (2544). *การศึกษาแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติฟิสิกส์ งาน พลังงาน
และโมเมนตัมของครูฟิสิกส์ในจังหวัดนครพนม*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต,
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ปัทมาพร ฅ น่าน. (2561). *การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น
วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*.
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา,
คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

- พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ และวีระชัย ลิ่มพรชัยเจริญ. (2549). *ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัย เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- พจนา เปี่ยมถาวรพจน์. (2546). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนภูมิโนมติกกับการสอนปกติ*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2551). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์ มีสท์.
- ไพฑูรย์ สีนลารัตน์. (2554). *รายงานการวิจัยเรื่องการกวาดวิหารระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ*. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของคุรุสภา.
- ไพศาล วรคำ. (2554). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม: ดักสิลาการพิมพ์.
- รณิดา เขยชุ่ม. (2551). *การเปรียบเทียบคุณภาพของข้อสอบและแบบสอบหลายตัวเลือกที่มีรูปแบบตัวเลือกต่างกัน*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาและประเมินผล การศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. (2535). *วิธีวิจัยการศึกษา*. กรุงเทพฯ: การพิมพ์.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. (2535). *วิธีวิจัยการศึกษา*. กรุงเทพฯ: การพิมพ์.
- ฤตินันท์ สมุทรทัย. (2545). *การวัดและประเมินผลการศึกษาเบื้องต้น*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ฤตินันท์ สมุทรทัย. (2545). *การวัดและประเมินผลการศึกษาเบื้องต้น*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ศักดิ์ กิ่งไก่อ. (2560). *การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ขั้นและตัวแบบกิจกรรมการปรับลด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง*. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิจัยวัดผล และสถิติการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการวัดและประเมินทางการศึกษา*. *SDU Res. J.*, 9(2), 274-281.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2546). *การวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของผู้เรียน*. ในบรรณาธิการ สุวิมล ว่องวานิช, หนังสือชุดปฏิรูปการศึกษา “การประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่” หน้า 254-276. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2558). *คู่มือการจัดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2562). *ระบบประกาศผลสอบ O-NET*. เข้าถึงได้จาก <https://www.niets.or.th/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2549). *งานและพลังงาน* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *สรุปผลการวิจัย PISA 2015*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สมนึก กัทฑิยชนี. (2549). *การวัดผลการศึกษา*. กापสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมนึก กัทฑิยชนี. (2551). *การประเมินผลและการสร้างแบบทดสอบ* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กापสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมนึก กัทฑิยชนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กापสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมบัติ พ้ายเรือคำ. (2551). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กापสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2555). *สถิติขั้นสูงสำหรับการวิจัยทางการศึกษา*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สมศักดิ์ สิ้นธุระเวชญ์. (2522). *แบบทดสอบวินิจัย*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. (2520). *หลักการวัดผลและประเมินผล คู่มืออาจารย์: ด้านการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์. (2561). *วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบ*. เข้าถึงได้จาก http://sripatum-review.spu.ac.th/doc/51_19-09-2018_16-29-43.pdf
- สุเทพ สันติวรานนท์. (2553). *แบบทดสอบวินิจัยและแนวทางในการสร้าง*. *วารสารศึกษาศาสตร์*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 6, 67-73.
- สุรวาท ทองบุ. (2553). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 6). มหาสารคาม: อภิชาตการพิมพ์.
- อรพินท์ ชื่นชอบ. (2549). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของ โพลยา*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อุบลวรรณ ภวากานันท์. (2555). *จิตวิทยาการรู้ คิด และปัญญา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- เอมอร จังศิริพรปกรณ์. (2550). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิจัย และจิตวิทยาการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไอนิง เจ๊ะเหลาะ. (2558). *การศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 2(1), 1-11.
- Adams, G. S., & Torgeson, T. L. (1964). *Measurement and evaluation in education psychology and guidance*. New York: Rinehart and Winson.
- Ahmann, S. J., & Clock, M.D. (1967). *Evaluation pupil growth principles of test and Measurement* (3rd ed.). Boston: Allyn and Bacon, Inc.
- Andry S. Utama Putra et al. (2019). *Pengembangan tes diagnostic four-tier untuk mengidentifikasi miskonsepsi Peserta didik materi gelombang dan optik*. Retrieved from <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jpf>.

- Bailey, J. M., & Slater, T. F. (2004). A review of astronomy educational research. *Astronomy Education Review*, 2 (2), 20-45.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1989). *Educational Research* (5th ed.). New York: Pitman.
- Burns, R. B. (2003). *Introduction to Research Methods* (2nd ed.). Sydney: Longman Australia.
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2010). Do students know what they know and what they don't know? using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conception. *Research in Science Education*, 40(3), 313-317
- Chabalengula, V. M., Saders, M., & Mumba, F. (2012). Diagnosting students' Understanding of energy and its related concepts in biological context. *International Journal of Science and mathematical Education*, 10(1), 241-266.
- Der-Ching Yang & Yung-Chi Lin. (2015). Assessing 10-to 11-year-old children's performance and Misconceptions in number sense using a four-tier diagnostic test. *Education research*, 57(4), 368-388.
- Derya kaltakci. (2012). *Development and application of a four-tier test to assess pre-service physics teachers' misconception about geometrical optics*. Thesis, Middle east technical university.
- Ebel, R. L. (1965). *Measuring educational achievement*. New Jersey: Prentice Hall.
- Erdal, T. (2016). Development and use of three-tier diagnostic test to assess high school student's Misconceptions about the photoelectric effect. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 164-186.
- F Kafiyani et al. (2019). Development of four-tier diagnostic test (FTDT) to identify student's mental models on static fluid. *Journal of Physics Education*. *Journal of Physics*, 204-223.
- Glass, G. V.(1978). Standards and criterias. *Journal of Educational Measurement*, 15, 237-266
- Gronlund, N. E. (1976). *Measurement and evaluation in teaching*. New York: Macmillan
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A Review and com parison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5), 989-1008.
- Heller et al. (1989). Proportional reasoning: The effect of the context variable rate type and problem settings. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 205-220.

- Hermita, N. et al. (2017). Constructing and implementing a Four Tier Test about Static Electricity to Diagnose Pre-service Elementary School Teacher' Misconception. *Journal of physics Conference series*, 26(3), 213-200.
- Hopkins, C. D., & Antes, R. L. (1990). *Classroom management and evaluation*. USA: F.E. Pencil Publishing, Inc.
- Imelda S. Caleon & R. Subramaniam. (2010). Do students know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40(3), 313-317.
- Joe, J., Chaudhuri, S., Le, T., Thompson, H., & Demiris, G. (2015). The use of think aloud and instant data analysis in evaluation research: Exemplar and lessons learned. *Journal of Biomedical informatics*, 56, 284-291.
- M G Purwanto et al. (2018). *Promoting the hydrostatic conceptual change test (HCCT) with Four-tier diagnostic test item*. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1013/1/012035/pdf>.
- Mehrens, W. A., & Irvin, J. L. (1973). *Measurement and evaluation in education and psychology*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Payne, D. A. (1968). *The specification and measurement of learning outcomes*. Waltham: Blaisdell.
- Fariyani, Q., Sugianto, S., & Semarang, U. N. (2017). Four-Tier diagnostic test to identify misconceptions in geometrical optics unnes Sci. *Educ. J.* 6, 3, 1724-1729
- Sia Ding Teng, Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2012). High school students' Proficiency and confidence levels in displaying of basic electrolysis concepts. *International Journal of Science and mathematical Education*, 10(6), 325-345.
- Singha, H. S. (1974). *Modern education testing*. New Delhi: Sterling.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์
เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลักการและแนวคิด

แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียน เป็นรายบุคคลในการเรียนเรื่องหนึ่ง ๆ เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการหาทางแก้ไขข้อผิดพลาดนั้น และเป็นแนวทางในการส่งเสริม พัฒนา และปรับปรุงการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ชั้นจะมีการเพิ่มความมั่นใจในการตอบคำถาม และเพิ่มความมั่นใจในการตอบเหตุผล และการให้เหตุผลจากชั้นที่หนึ่งไปชั้นที่สาม ซึ่งจะทำให้การวินิจฉัยมโนทัศน์นั้น มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง มโนทัศน์ที่ไม่เข้าใจแนวคิด มโนทัศน์ที่เข้าใจแนวคิดผิด และมโนทัศน์ผิดพลาด

ความมุ่งหมายของแบบทดสอบ

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

โครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบไปด้วยข้อสอบ จำนวน 20 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อจะมีโครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ชั้นดังนี้

1. ชั้นที่หนึ่ง ประกอบด้วย คำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก
2. ชั้นที่สอง ระดับความมั่นใจในการตอบคำถามชั้นที่หนึ่ง มี 6 ระดับ ได้แก่ คาดเดา เกือบคาดเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ มั่นใจมาก และมั่นใจมากที่สุด
3. ชั้นที่สาม ประกอบด้วย เหตุผลที่ถูกต้องสำหรับคำตอบชั้นแรก มี 4 ตัวเลือก
4. ชั้นที่สี่ ระดับความมั่นใจในการตอบเหตุผลชั้นที่สาม มี 6 ระดับ ได้แก่ คาดเดา เกือบคาดเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ มั่นใจมาก และมั่นใจมากที่สุด

กระบวนการพัฒนาแบบทดสอบ

แบบทดสอบวินิจฉัยมีโน้ตส์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพรายข้อโดยการวิเคราะห์ค่าความยาก อำนาจจำแนกของข้อสอบ และตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับโดยการตรวจสอบความตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยมีค่าความตรงตามเนื้อหา (ค่า IOC = 1.00) ค่าความยาก อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ผ่านเกณฑ์ทุกข้อสามารถใช้เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยได้ รายละเอียดแสดงในตาราง ข-1

ตารางที่ ข-1 คุณภาพแบบทดสอบวินิจฉัยมีโน้ตส์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่

แบบทดสอบวินิจฉัย	คะแนนเต็ม	<i>k</i>	<i>p</i>	<i>B</i>	<i>r_{cc}</i>
ชั้นที่ 1	20	20	.41-.71	.40-.73	.92
ชั้นที่ 2	100	20	.45-.55	.34-.68	.91
ชั้นที่ 3	20	20	.53-.72	.41-.68	.92
ชั้นที่ 4	100	20	.43-.48	.32-.54	.91
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2	120	20	.43-.58	.43-.54	.92
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 3	20	20	.25-.52	.44-.75	.92
ชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 4	120	20	.43-.48	.42-.48	.91
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 3 และร่วมกับชั้นที่ 4	240	20	.38-.44	.50-.63	.97

เวลาที่ใช้ในการดำเนินการสอบ

เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถในการทำข้อสอบได้อย่างเต็มที่ และทำให้ครบทุกข้อ โดยที่ไม่มีเวลาเป็นข้อจำกัดในการคิดของนักเรียน เพื่อที่จะสามารถวินิจฉัยมีโน้ตส์ของนักเรียนได้อย่างถูกต้อง จึงไม่กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบวินิจฉัย

วิธีดำเนินการสอบ

การเตรียมตัวก่อนทำข้อสอบ

1. เตรียมแบบทดสอบวินิจฉัยมีโน้ตส์ที่คลาดเคลื่อน และกระดาษคำตอบให้เพียงพอสำหรับนักเรียน และตรวจสอบความเรียบร้อยของแบบทดสอบวินิจฉัยที่อาจจะเกิดจากความผิดพลาดในการพิมพ์ สำรองไว้สำหรับแบบทดสอบหรือกระดาษคำตอบที่ไม่ชัดเจนประมาณ 5% ของผู้เข้าสอบ

2. ผู้ดำเนินการสอบต้องศึกษาคำชี้แจงรายละเอียดของแบบสอบวินิจฉัย รวมทั้งตัวอย่างคำถามและวิธีการตอบคำถามที่ถูกต้อง ใช้ชัดเจนอย่างน้อย 1 ครั้ง เพื่อให้การดำเนินการสอบเป็นไปด้วยความเรียบร้อย

วิธีเนิการขณะทำข้อสอบ

1. ชี้แจงวัตถุประสงค์ในการสอบ
2. แจกแบบทดสอบวินิจฉัยและกระดาษคำตอบให้นักเรียนทุกคน ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล และรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับตนเองลงในหัวกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
3. ผู้ดำเนินการสอบ อธิบายวิธีการทำแบบทดสอบวินิจฉัยให้นักเรียนฟัง หากมีนักเรียนไม่เข้าใจวิธีการทำแบบทดสอบวินิจฉัยให้นักเรียนยกมือถามผู้ดำเนินการสอบ
4. ในระหว่างที่นักเรียนทำแบบทดสอบวินิจฉัย ผู้ดำเนินการสอบควรควบคุมไม่ให้นักเรียนปรึกษากัน หรือลอกกัน เพื่อผลการวินิจฉัยที่ถูกต้อง
5. เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบวินิจฉัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนนำกระดาษคำถามและคำตอบมาคืนผู้ดำเนินการสอบ แล้วให้นักเรียนออกจากห้องสอบเพื่อจะได้ไม่เป็นการรบกวนนักเรียนที่ยังทำแบบทดสอบวินิจฉัยไม่เสร็จ
6. เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบครบทุกคนแล้ว ผู้ดำเนินการสอบทำการเก็บรวบรวมแบบทดสอบ

การตรวจให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ โดยแต่ละข้อมีการให้คะแนนแต่ละชั้น โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น ดังนี้

1. คะแนนชั้นที่ 1 (FT) ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นแรก ถ้านักเรียนตอบถูกต้อง 1 คะแนน ถ้าตอบผิด 0 คะแนน
2. คะแนนชั้นที่ 2 (ST) ในชั้นที่ 2 ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นที่ 1 ถ้านักเรียนตอบ “คาดเดา” ได้ 0 คะแนน “เกือบคาดเดา” ได้ 1 คะแนน “ไม่มั่นใจ” ได้ 2 คะแนน “มั่นใจ” ได้ 3 คะแนน “มั่นใจมาก” ได้ 4 คะแนน “มั่นใจมากที่สุด” ได้ 5 คะแนน
3. คะแนนชั้น 3 (TT) คะแนนในชั้นที่ 3 ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นที่ 3 ถ้านักเรียนตอบถูกต้อง 1 คะแนน ถ้าตอบผิด 0 คะแนน
4. คะแนนชั้นที่ 4 (FoT) คะแนนในชั้นที่ 4 ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นที่ 4 ถ้านักเรียนตอบ “คาดเดา” ได้ 0 คะแนน “เกือบคาดเดา” ได้ 1 คะแนน “ไม่มั่นใจ” ได้ 2 คะแนน “มั่นใจ” ได้ 3 คะแนน “มั่นใจมาก” ได้ 4 คะแนน “มั่นใจมากที่สุด” ได้ 5 คะแนน

5. คะแนนจากทั้งสี่ชั้น (AT) ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งชั้นที่ 1 ระดับความมั่นใจในชั้นที่ 2 มากกว่าหรือเท่ากับมั่นใจ ตอบถูกชั้นที่ 3 และระดับความมั่นใจชั้นที่ 4 มากกว่าหรือเท่ากับมั่นใจ จะได้คะแนน 1 คะแนน

6. เฉลยคำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่อง งาน และพลังงาน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18

ตารางที่ ข-2 เฉลยคำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เรื่อง งาน และพลังงาน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 18

มโนทัศน์	ข้อที่	เฉลยคำตอบ	มโนทัศน์	ข้อที่	เฉลยคำตอบ
ความหมายของงาน ในทางฟิสิกส์	1.1	ข	การเกิดพลังงานศักย์ยืดหยุ่น	11.1	ง
	1.3	ค		11.3	ก
การเกิดงานมีค่าเป็นศูนย์	2.1	ก	กฎการอนุรักษ์พลังงาน	12.1	ข
	2.3	ก		12.3	ข
การหาค่าลังของงาน	3.1	ง	สมการกฎอนุรักษ์พลังงาน ในกรณีที่ไม่มีแรงภายนอก กระทำ	13.1	ข
	3.3	ข		13.3	ง
การหาค่าลังเฉลี่ย	4.1	ง	การเปลี่ยนรูปพลังงานตาม กฎการอนุรักษ์พลังงาน	14.1	ง
	4.3	ค		14.3	ค
พลังงานศักย์โน้มถ่วงของ วัตถุบนผิวโลก และ บนผิวดวงจันทร์	5.1	ข	หลักการของเครื่องกลผ่อน แรง	15.1	ก
	5.3	ก		15.3	ค

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

มโนทัศน์	ข้อที่	เฉลย คำตอบ	มโนทัศน์	ข้อที่	เฉลย คำตอบ
ความหมายของพลังงานจลน์	6.1	ข	เครื่องกลผ่อนแรง (คาน)	16.1	ก
	6.3	ข		16.3	ข
ความสัมพันธ์ของพลังงาน จลน์มวลและความเร็ว	7.1	ก	เครื่องกลผ่อนแรง (รอก)	17.1	ก
	7.3	ก		17.3	ข
การเกิดพลังงานศักย์โน้มถ่วง	8.1	ค	ความหมายของแรงอนุรักษ์	18.1	ข
	8.3	ค		18.3	ค
สถานการณ์การเกิด พลังงานศักย์	9.1	ข	ความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพของเครื่องกล และการได้เปรียบเชิงกล	19.1	ข
	9.3	ค		19.3	ก
การหาพลังงานศักย์โน้มถ่วง	10.1	ง	การได้เปรียบเชิงกลของ เครื่องกลอย่างง่าย	20.1	ก
	10.3	ก		20.3	ง

การแปลผล

การแปลผลจากการตอบแบบทดสอบวินิจฉัย 4 ชั้น ในเรื่องงานและพลังงาน
ดังตารางที่ ข-1

ตารางที่ ข-3 แสดงแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัย 4 ชั้น และการแปลผล

ประเภท	ประเภทของคำตอบ			
	คำตอบ	การจัดอันดับ ความมั่นใจ	เหตุผล	การจัดอันดับ ความมั่นใจ
	(1)	(2)	(3)	(4)
ความเข้าใจ	ถูก	CRI >2.5	ถูก	CRI >2.5
	ถูก	CRI >2.5	ถูก	CRI ≤ 2.5
	ถูก	CRI >2.5	ผิด	CRI ≤ 2.5
ไม่เข้าใจแนวคิด	ถูก	CRI ≤ 2.5	ถูก	CRI >2.5
	ถูก	CRI ≤ 2.5	ถูก	CRI ≤ 2.5
	ถูก	CRI ≤ 2.5	ผิด	CRI ≤ 2.5
	ผิด	CRI >2.5	ถูก	CRI ≤ 2.5
	ผิด	CRI >2.5	ผิด	CRI ≤ 2.5
	ผิด	CRI ≤ 2.5	ถูก	CRI ≤ 2.5
	ผิด	CRI ≤ 2.5	ผิด	CRI ≤ 2.5
เข้าใจแนวคิดผิด	ถูก	CRI >2.5	ผิด	CRI >2.5
	ถูก	CRI ≤ 2.5	ผิด	CRI >2.5
	ผิด	CRI >2.5	ผิด	CRI >2.5
ความผิดพลาด	ผิด	CRI ≤ 2.5	ผิด	CRI >2.5
	ผิด	CRI >2.5	ถูก	CRI >2.5

ที่มา: L Maharani et al. (2019, p. 65)

การตีความผลการทดสอบการวินิจฉัยสี่ระดับจากตาราง สามารถตีความออกมาได้ 4 ประเภท ได้แก่ 1) ความเข้าใจ 2) ไม่เข้าใจแนวคิด 3) เข้าใจแนวคิดผิด 4) ความผิดพลาด

1. ความเข้าใจ

ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) มากกว่า 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

3. เข้าใจแนวคิดผิด

3.1 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) มากกว่า 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

3.2 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

3.3 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) มากกว่า 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

3.4 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

4. ความผิดพลาด

4.1 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) มากกว่า 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

4.2 ในการตอบคำถามในชั้นแรก (ชั้นที่ 1) หากนักเรียนให้คำตอบที่ผิด ระดับความมั่นใจในชั้นที่หนึ่ง (ชั้นที่ 2) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.5 การเลือกเหตุผล (ชั้นที่ 3) ถูก ระดับความมั่นใจในชั้นที่สาม (ชั้นที่ 4) มากกว่า 2.5

การวินิจฉัย

การวินิจฉัยข้อบกพร่องจากการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นที่หนึ่ง

ข้อ	ตัวเลือก	ข้อบกพร่อง
1	ก	เข้าใจความหมายของงานในทางฟิสิกส์ผิด เข้าใจว่าความสูงต้องเกิดงาน
	ข	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ค	เข้าใจความหมายของงานในทางฟิสิกส์ผิด เข้าใจว่างานจะเกิดเมื่อวัตถุเคลื่อนที่
	ง	เข้าใจความหมายของงานในทางฟิสิกส์ผิด เข้าใจว่างานจะเกิด คือ แรงกับระยะทางมีทิศเดียวกัน

ข้อ	ตัวเลือก	ข้อบกพร่อง
2	ก	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ข	ไม่เข้าใจเรื่องทิศของแรงกับแนวการเคลื่อนที่ คือ ทิศของแรงกับแนวการเคลื่อนที่มีทิศเดียวกันงานเลยเป็นศูนย์
	ค	ไม่เข้าใจเรื่องทิศของแรงกับแนวการเคลื่อนที่ คือ ทิศของแรงกับแนวการเคลื่อนที่ทำมุมเท่าใดก็ได้งานเลยเป็นศูนย์
	ง	ไม่เข้าใจเรื่องทิศของแรงกับแนวการเคลื่อนที่ คือ ทิศของแรงกับแนวการเคลื่อนที่มีทิศตรงข้ามกันงานเลยเป็นศูนย์
3	ก	ไม่เข้าใจการหาค่ากำลัง คิดว่ากำลังหาจากมวลคูณความสูงแล้วหารด้วยเวลา
	ข	ไม่เข้าใจการหาค่ากำลัง คิดว่ากำลังหาจากมวลคูณเวลาแล้วหารด้วยความสูง
	ค	ไม่เข้าใจการหาค่ากำลัง คิดว่ากำลังหาจากเวลายกกำลังสอง หรือมีปัญหาทางการวิเคราะห์โจทย์แทนค่าตัวแปร
	ง	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
4	ก	เข้าใจคิดว่ากำลังเฉลี่ยมีแรงเข้ามาเกี่ยวข้อง
	ข	เข้าใจคิดว่ากำลังเฉลี่ยเกิดจากความเร็วกับเวลา
	ค	เข้าใจคิดว่ากำลังเฉลี่ยจะเกิดขึ้นต้องมีพลังงาน
	ง	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
5	ก	เข้าใจคิดว่าค่าแรงโน้มถ่วงบนโลกมีค่าน้อยกว่าบนดวงจันทร์เลยส่งผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงบนโลกน้อยกว่าดวงจันทร์
	ข	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ค	เข้าใจคิดว่าค่าแรงโน้มถ่วงบนโลกมีค่าครึ่งหนึ่งของดวงจันทร์เลยส่งผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงบนโลกจะมีค่าลดลงครึ่งหนึ่งของดวงจันทร์
	ง	เข้าใจคิดว่าค่าแรงโน้มถ่วงบนโลกและดวงจันทร์มีค่าเท่ากันเลยส่งผลต่อพลังงานศักย์โน้มถ่วงบนโลกเท่ากับดวงจันทร์
6	ก	เข้าใจคิดว่าพลังงานจลน์เกิดจากวัตถุไม่เคลื่อนที่
	ข	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ค	เข้าใจคิดว่าพลังงานจลน์จะเกิดเมื่อวัตถุหยุดนิ่งและกำลังเริ่มเคลื่อนที่
	ง	เข้าใจคิดว่าพลังงานจลน์จะเกิดต้องมีความสูงมาเกี่ยวข้อง

ข้อ	ตัวเลือก	ข้อบกพร่อง
7	ก	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ข	แทนค่าในสูตรหรือคิดเลขผิด
	ค	เข้าใจผิดว่าพลังงานจลน์แปลผกผันกับมวล
	ง	เข้าใจผิดว่าความเร็วไม่มีความสัมพันธ์กับพลังงานจลน์
8	ก	เข้าใจผิดเกี่ยวกับพลังงานศักย์
	ข	เข้าใจผิดเกี่ยวกับพลังงานศักย์
	ค	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ง	เข้าใจผิดเกี่ยวกับพลังงานศักย์
9	ก	เข้าใจผิดเกี่ยวกับพลังงานศักย์โน้มถ่วงว่ามีความสัมพันธ์กับความเร็ว
	ข	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ค	เข้าใจผิดเกี่ยวกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง
	ง	เข้าใจผิดว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะเกิดขึ้นเมื่อมีแรงกระทำตามแนวราบ
10	ก	เข้าใจผิดว่าพลังงานศักย์จะเกิดไม่เกี่ยวข้องกันกับมวลและความสูง
	ข	เข้าใจผิดว่าวัตถุที่ตกจากที่สูง จะมีความเร็วเท่ากัน
	ค	เข้าใจผิดว่าพลังงานจลน์และพลังงานศักย์มีค่าเท่ากัน โดยไม่เกี่ยวกับความเร็วของวัตถุ
	ง	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
11	ก	เข้าใจผิดว่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเกี่ยวข้องกับความเร็ว
	ข	เข้าใจผิดว่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเกี่ยวข้องกับความเร็ว
	ค	เข้าใจผิดว่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วง
	ง	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
12	ก	เข้าใจผิดว่ากฎการอนุรักษ์พลังงาน พลังงานจะมีการสูญหาย และสามารถเกิดขึ้นมาใหม่ได้
	ข	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/มีความเข้าใจ
	ค	เข้าใจผิดว่ากฎการอนุรักษ์พลังงาน คือ เมื่อมีแรงภายนอกกระทำส่งผลให้พลังงานจะเปลี่ยนรูป
	ง	เข้าใจผิดว่าการอนุรักษ์พลังงาน คือ พลังงานจะเกิดการเปลี่ยนรูป และผลรวมของพลังงานจะเปลี่ยนไปตามรูปแบบที่เปลี่ยน

ข้อ	ตัวเลือก	ข้อบกพร่อง
13	ก	เข้าใจผิดว่าสมการกฏอนุรักษ์พลังงานพลังงานเริ่มต้นจะมีค่ามากกว่าพลังงานตอนหลัง
	ข	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ค	เข้าใจผิดว่าสมการกฏอนุรักษ์พลังงานพลังงานเริ่มต้นจะมีค่าน้อยกว่าพลังงานตอนหลัง
	ง	เข้าใจผิดว่าสมการกฏอนุรักษ์พลังงานพลังงานเริ่มต้นมีงานมากระทำจะเท่ากับพลังงานตอนหลัง
14	ก	ไม่เข้าใจการเปลี่ยนรูปพลังงานตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน
	ข	ไม่เข้าใจการเปลี่ยนรูปพลังงานตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน
	ค	ไม่เข้าใจการเปลี่ยนรูปพลังงานตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน
	ง	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
15	ก	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ข	ไม่เข้าใจหลักการของเครื่องกลผ่อนแรง
	ค	ไม่เข้าใจหลักการของเครื่องกลผ่อนแรง
	ง	ไม่เข้าใจหลักการของเครื่องกลผ่อนแรง
16	ก	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ข	เข้าใจผิดว่าแรงพยายามอยู่ใกล้จุดหมุนมากทำให้คานออกแรงน้อยที่สุด
	ค	เข้าใจผิดว่าแรงพยายามอยู่ระหว่างจุดหมุนและแรงต้านทานทำให้คานออกแรงน้อยที่สุด
	ง	เข้าใจผิดว่า ทุกตำแหน่งผ่อนแรงได้เท่ากัน
17	ก	เข้าใจผิดเกี่ยวกับหลักการทำงานของรอก
	ข	เข้าใจผิดเกี่ยวกับหลักการทำงานของรอก
	ค	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ง	เข้าใจผิด ความยาวของเชือกมากช่วยผ่อนแรง
18	ก	เข้าใจแรงอนุรักษ์ผิด คิดว่าเกี่ยวข้องกับเส้นทางการเคลื่อนที่
	ข	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง/ มีความเข้าใจ
	ค	เข้าใจแรงอนุรักษ์ผิด ซึ่งแรงอนุรักษ์เกี่ยวข้องกับการเกิดงาน
	ง	เข้าใจแรงอนุรักษ์ผิด ซึ่งพลังงานกลของวัตถุจะไม่เปลี่ยน

ข้อ	ตัวเลือก	ข้อบกพร่อง
19	ก	เข้าใจผิดว่า ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบที่กำลัง ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบที่งาน
	ข	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง / มีความเข้าใจ
	ค	เข้าใจผิดว่า ทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกล เป็นการเปรียบเทียบที่กำลังทั้งคู่
	ง	เข้าใจผิดว่า ประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกล เป็นการเปรียบเทียบที่แรงทั้งคู่
20	ก	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง / มีความเข้าใจ
	ข	เข้าใจความหมายของการได้เปรียบเชิงกลผิด
	ค	เข้าใจความหมายของการได้เปรียบเชิงกลผิด
	ง	เข้าใจความหมายของการได้เปรียบเชิงกลผิด

การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง งานและพลังงาน แบบสี่ชั้น (ตำแหน่งที่ 1 คือ คำตอบชั้นที่หนึ่ง, ตำแหน่งที่ 2 คือ คำตอบชั้นที่สอง, ตำแหน่งที่ 3 คือ คำตอบชั้นที่สาม และตำแหน่งที่ 4 คือ คำตอบชั้นที่สี่)

ข้อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
1	ขงคจ, ขงคจ, ขงคจ, ขจคจ, ขจคจ, ขจคจ, ขคคจ, ขคคจ, ขคคจ	ความเข้าใจ
	ขงคก, ขงคข, ขงคค, ขจคก, ขจคข, ขจคค, ขคคก, ขคคข, ขคคค, ขงกค, ขงกข, ขงกค, ขงขก, ขงขข, ขงขค, ขงงก, ขงงข, ขงงค, ขจกค, ขจกข, ขจกค, ขจขก, ขจขข, ขจขค, ขจงก, ขจงข, ขจงค, ขคกค, ขคกข, ขคกค, ขคขก, ขคขข, ขคขค, ขคงก, ขคงข, ขคงค, ขกคก, ขกคข, ขกคค, ขขคก, ขขคข, ขขคค, ขคคก, ขคคข, ขคคค, ขกคก, ขกคข, ขกคค, ขขคก, ขขคข, ขขคค, ขคคก, ขคคข, ขคคค, กงคค, กงคข, กงคค, กจคก, กจคข, กจคค, กคคก, กคคข, กคคค, คจคค, คจคข, คจคค, คคคก, คคคข, คคคค, งงคค,	ไม่เข้าใจแนวคิด

ชื่อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
	<p>กจขณ, กจคง, กจคจ, กจคณ, กจงง, กจงจ, กจงณ, กณขง, กณขจ, กณขณ, กณคง, กณคจ, กณคณ, กณงง, กณงจ, กณงณ, กงขง, กงขจ, กงขณ, กงคง, กงคจ, กงคณ, กงงง, กงงจ, กงงณ, กจขง, กจขจ, กจขณ, กจคง, กจคจ, กจคณ, กจงง, กจงจ, กจงณ, กณขง, กณขจ, กณขณ, คณคง, คณคจ, คณคณ, คณงง, คณงจ, คณงณ, งงขง, งงขจ, งงขณ, งงคง, งงคจ, งงคณ, งงงง, งงงจ, งงงณ, งจขง, งจขจ, งจขณ, งจคง, งจคจ, งจคณ, งจงง, งจงจ, งจงณ, งณขง, งณขจ, งณขณ, งณคง, งณคจ, งณคณ, งณงง, งณงจ, งณงณ, กกขง, กกขจ, กกขณ, กกคง, กกคจ, กกคณ, กกงง, กกงจ, กกงณ, กขขง, กขขจ, กขขณ, กขคง, กขคจ, กขคณ, กขงง, กขงจ, กขงณ, กคขง, กคขจ, กคขณ, กคคง, กคคจ, กคคณ, กคงง, กคงจ, กคงณ, คกขง, คกขจ, คกขณ, คกคง, คกคจ, คกคณ, คกงง, คกงจ, คกงณ, คขขง, คขขจ, คขขณ, คขคง, คขคจ, คขคณ, คขงง, คขงจ, คขงณ, คคขง, คคขจ, คคขณ, คคคง, คคคจ, คคคณ, คคงง, คคงจ, คคงณ, งกขง, งกขจ, งกขณ, งกคง, งกคจ, งกคณ, งกงง, งกงจ, งกงณ, งขขง, งขขจ, งขขณ, งขคง, งขคจ, งขคณ, งขงง, งขงจ, งขงณ, งคขง, งคขจ, งคขณ, งคคง, งคคจ, งคคณ, งคงง, งคงจ, งคงณ</p>	
	<p>กงกง, กงกจ, กงกณ, กจกง, กจกจ, กจกณ, กณกง, กณกจ, กณกณ, คงกง, คงกจ, คงกณ, คจกง, คจกจ, คจกณ, คณกง, คณกจ, คณกณ, งงกง, งงกจ, งงกณ, งจกง, งจกจ, งจกณ, งณกง, งณกจ, งณกณ, กกกง, กกกจ, กกกณ, กขกง, กขกจ, กขกณ, กคกง, กคกจ, กคกณ, คกกง, คกกจ, คกกณ, คขกง, คขกจ, คขกณ, คคกง, คคกจ, คคกณ, งกกง, งกกจ, งกกณ, งขกง, งขกจ, งขกณ, งคกง, งคกจ, งคกณ</p>	<p>ความผิดพลาด</p>
6	<p>ขงขง, ขงขจ, ขงขณ, ขจขง, ขจขจ, ขจขณ, ขณขง, ขณขจ, ขณขณ ขงขก, ขงขข, ขงขค, ขจขก, ขจขข, ขจขค, ขณขก, ขณขข, ขณขค, ขงกก, ขงกข, ขงกค, ขงคก, ขงคข, ขงคค, ขงงก, ขงงข, ขงงค, ขจกก, ขจกข, ขจกค, ขจคก, ขจคข, ขจคค, ขงงก, ขงงข, ขงงค, ขณกก, ขณกข, ขณกค, ขณคก, ขณคข, ขณคค, ขณงก, ขณงข, ขณงค, ขกขง, ขกขจ, ขกขณ, ขขขง, ขขขจ, ขขขณ, ขคขง, ขคขจ, ขคขณ, ขกขก,</p>	<p>ความเข้าใจ ไม่เข้าใจแนวคิด</p>

ชื่อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
	<p> ขกขข, ขกขค, ขขขก, ขขขข, ขขขค, ขคขก, ขคขข, ขคขค, ขกคก, ขกคข, ขกคค, ขคคก, ขคคข, ขคคค, ขกขง, ขกขงข, ขกขงค, ขขคก, ขขคข, ขขคค, ขคคก, ขคคข, ขคคค, ขขงก, ขขงข, ขขงค, ขคคก, ขคคข, ขคคค, ขคคค, ขคคข, ขคคค, ขคขง, ขคขงข, ขคขงค, กขขก, กขขข, กขขค, กจขก, กจขข, กจขค, กคขก, กคขข, กคขค, คขขก, คขขข, คขขค, คจขก, คจขข, คจขค, คคขก, คคขข, คคขค, งขขก, งขขข, งขขค, งจขก, งจขข, งจขค, งคขก, งคขข, งคขค, กคขก, กคขข, กคขค, กขขก, กขขข, กขขค, กคขก, กคขข, กคขค, คคขก, คคขข, คคขค, คขขก, คขขข, คขขค, คคขก, คคขข, คคขค, งคขก, งคขข, งคขค, งขขก, งขขข, งขขค, งคขก, งคขข, งคขค, กขคก, กขคข, กขคค, กขคค, กขคข, กขคค, กขงก, กขงข, กขงค, กจคก, กจคข, กจคค, กจคข, กจคค, กจขก, กจขข, กจขค, กคคก, กคคข, กคคค, กคคค, กคคข, กคคค, กคขง, กคขงข, กคขงค, คขคก, คขคข, คขคค, คขคค, คขคข, คขคค, คขงก, คขงข, คขงค, คจคก, คจคข, คจคค, คจคข, คจคค, คจขก, คจขข, คจขค, คคคก, คคคข, คคคค, คคคค, คคคข, คคคค, คคขง, คคขงข, คคขงค, งขคก, งขคข, งขคค, งจคก, งจคข, งจคค, งขงก, งขงข, งขงค, งจคก, งจคข, งจคค, งจคข, งจคค, งจขก, งจขข, งจขค, งคคก, งคคข, งคคค, งคคข, งคคค, งคคค, กคคก, กคคข, กคคค, กคขง, กคขงข, กคขงค, กขคก, กขคข, กขคค, กขคค, กขคข, กขคค, กขงก, กขงข, กขงค, กขคก, กขคข, กขคค, กขคค, กขคข, กขคค, กขงก, กขงข, กขงค, กคคก, กคคข, กคคค, กคคค, กคคข, กคคค, กคขง, กคขงข, กคขงค, คขคก, คขคข, คขคค, คขคค, คขคข, คขคค, คขงก, คขงข, คขงค, คจคก, คจคข, คจคค, คจคข, คจคค, คจขก, คจขข, คจขค, คคคก, คคคข, คคคค, คคคค, คคคข, คคคค, คคขง, คคขงข, คคขงค, งคคก, งคคข, งคคค, งคคค, งคคข, งคคค, งคขง, งคขงข, งคขงค, งขคก, งขคข, งขคค, งขงก, งขงข, งขงค, งคคก, งคคข, งคคค, งคคข, งคคค, งคขง, งคขงข, งคขงค </p>	

ชื่อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
	<p>คขขค, คคขก, คคขข, คคขล, คคคก, คคคข, คคคค, คขคก, คขคข, คขคค, คคคก, คคคข, คคคค, งกกก, งกกข, งกกค, งขกก, งขกข, งขกค, งคกก, งคกข, งคกค, งกขก, งกขข, งกขค, งขขก, งขขข, งขขค, งคขก, งคขข, งคขค, งกคก, งกคข, งกคค, งขคก, งขคข, งขคค, งคคก, งคคข, งคคค</p>	
	<p>กงขง, กงขจ, กงขฉ, กงคง, กงคจ, กงคฉ, กงงง, กงงจ, กงงฉ, กจขง, กจขจ, กจขฉ, กจคง, กจคจ, กจคฉ, กจงง, กจงจ, กจงฉ, กฉขง, กฉขจ, กฉขฉ, กฉคง, กฉคจ, กฉคฉ, กฉงง, กฉงจ, กฉงฉ, กกขง, กกขจ, กกขฉ, กกคง, กกคจ, กกคฉ, กกงง, กกงจ, กกงฉ, กขขง, กขขจ, กขขฉ, กขคง, กขคจ, กขคฉ, กขงง, กขงจ, กขงฉ, กคขง, กคขจ, กคขฉ, กคคง, กคคจ, กคคฉ, กคงง, กคงจ, กคงฉ, ขงขง, ขงขจ, ขงขฉ, ขงคง, ขงคจ, ขงคฉ, ขงงง, ขงงจ, ขงงฉ, ขจขง, ขจขจ, ขจขฉ, ขจคง, ขจคจ, ขจคฉ, ขจงง, ขจงจ, ขจงฉ, ขฉขง, ขฉขจ, ขฉขฉ, ขฉคง, ขฉคจ, ขฉคฉ, ขฉงง, ขฉงจ, ขฉงฉ, คงขง, คงขจ, คงขฉ, คงคง, คงคจ, คงคฉ, คงงง, คงงจ, คงงฉ, คจขง, คจขจ, คจขฉ, คจคง, คจคจ, คจคฉ, คจงง, คจงจ, คจงฉ, คฉขง, คฉขจ, คฉขฉ, คฉคง, คฉคจ, คฉคฉ, คฉงง, คฉงจ, คฉงฉ, งงขง, งงขจ, งงขฉ, งงคง, งงคจ, งงคฉ, งงงง, งงงจ, งงงฉ, จจขง, จจขจ, จจขฉ, จจคง, จจคจ, จจคฉ, จจงง, จจงจ, จจงฉ, จฉขง, จฉขจ, จฉขฉ, จฉคง, จฉคจ, จฉคฉ, จฉงง, จฉงจ, จฉงฉ, ขกขง, ขกขจ, ขกขฉ, ขกคง, ขกคจ, ขกคฉ, ขกงง, ขกงจ, ขกงฉ, ขขขง, ขขขจ, ขขขฉ, ขขคง, ขขคจ, ขขคฉ, ขขงง, ขขงจ, ขขงฉ, ขคขง, ขคขจ, ขคขฉ, ขคคง, ขคคจ, ขคคฉ, ขคงง, ขคงจ, ขคงฉ, คกขง, คกขจ, คกขฉ, คกคง, คกคจ, คกคฉ, คกงง, คกงจ, คกงฉ, คขขง, คขขจ, คขขฉ, คขคง, คขคจ, คขคฉ, คขงง, คขงจ, คขงฉ, คคขง, คคขจ, คคขฉ, คคคง, คคคจ, คคคฉ, คคงง, คคงจ, คคงฉ, งกขง, งกขจ, งกขฉ, งกคง, งกคจ, งกคฉ, งกงง, งกงจ, งกงฉ, งขขง, งขขจ, งขขฉ, งขคง, งขคจ, งขคฉ, งขงง, งขงจ, งขงฉ, งคขง, งคขจ, งคขฉ, งคคง, งคคจ, งคคฉ, งคงง, งคงจ, งคงฉ,</p>	<p>เข้าใจแนวคิดผิด</p>

ชื่อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
	<p>ขงคกง, ขงคจ, ขงคณ, ขจคกง, ขจคจ, ขจคณ, ขณคกง, ขณคจ, ขณคณ, คกงค, คงคจ, คงคณ, คจคกง, คจคจ, คจคณ, คณคกง, คณคจ, คณคณ, งคกง, งคจ, งคณ, งจคกง, งจคจ, งจคณ, งณคกง, งณคจ, งณคณ, ขกคกง, ขกคจ, ขกคณ, ขขคกง, ขขคจ, ขขคณ, ขคคกง, ขคคจ, ขคคณ, คกคกง, คกคจ, คกคณ, คขคกง, คขคจ, คขคณ, คคคกง, คคคจ, คคคณ, งกคกง, งกคจ, งกคณ, งขคกง, งขคจ, งขคณ, งคคกง, งคคจ, งคคณ</p>	<p>ความผิดพลาด</p>
8	<p>คกงค, คงคจ, คงคณ, คจคกง, คจคจ, คจคณ, คณคกง, คณคจ, คณคณ คกคก, คกคข, คกคค, คจคก, คจคข, คจคค, คณคก, คณคข, คณคค, คกงก, คกงข, คกงค, คงขก, คงขข, คงขค, คจกก, คจกข, คจกค, คจขก, คจขข, คจขค, คณกก, คณกข, คณกค, คณขก, คณขข, คณขค, คกคกง, คกคจ, คกคณ, คขคกง, คขคจ, คขคณ, คคคกง, คคคจ, คคคณ, คกคก, คกคข, คกคค, คขคก, คขคข, คขคค, คคคก, คคคข, คคคค, คกคก, คกคข, คกคค, คกขก, คกขข, คกขค, คกงก, คกงข, คกงค, คขคก, คขคข, คขคค, คขขก, คขขข, คขขค, คขงก, คขงข, คขงค, คคคก, คคคข, คคคค, คคขก, คคขข, คคขค, คคกง, คคงข, คคงค, กงคก, กงคข, กงคค, กจคก, กจคข, กจคค, กณคก, กณคข, กณคค, ขงคก, ขงคข, ขงคค, ขจคก, ขจคข, ขจคค, ขณคก, ขณคข, ขณคค, งงคก, งงคข, งงคค, งจคก, งจคข, งจคค, งณคก, งณคข, งณคค, กกคก, กกคข, กกคค, กขคก, กขคข, กขคค, กคคก, กคคข, กคคค, ขกคก, ขกคข, ขกคค, ขขคก, ขขคข, ขขคค, ขคคก, ขคคข, ขคคค, งกคก, งกคข, งกคค, งขคก, งขคข, งขคค, งคคก, งคคข, งคคค, กงกก, กงกข, กงกค, กงขก, กงขข, กงขค, กงงก, กงงข, กงงค, กจกก, กจกข, กจกค, กจขก, กจขข, กจขค, กจงก, กจงข, กจงค, กณกก, กณกข, กณกค, กณขก, กณขข, กณขค, กณงก, กณงข, กณงค, ขงกก, ขงกข, ขงกค, ขงขก, ขงขข, ขงขค, ขงงก, ขงงข, ขงงค, ขจกก, ขจกข, ขจกค, ขจขก, ขจขข, ขจขค, ขจงก, ขจงข, ขจงค, ขณกก, ขณกข, ขณกค, ขณขก, ขณขข, ขณขค, ขณงก, ขณงข, ขณงค, งงกก, งงกข, งงกค, งงขก, งงขข, งงขค, งงงก, งงงข, งงงค, งจกก,</p>	<p>ความเข้าใจ ไม่เข้าใจแนวคิด</p>

ชื่อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
	<p>งกคค, งกงก, งกงข, งกงค, งขขก, งขขข, งขขค, งขคก, งขคข, งขคค, งขงก, งขงข, งขงค, งคขก, งคขข, งคขค, งคคก, งคคข, งคคค, งคงก, งคงข, งคงค, กงกก, กงกข, กงกค, กจกก, กจกข, กจกค, กฉกก, กฉกข, กฉกค, ขงกก, ขงกข, ขงกค, ขจกก, ขจกข, ขจกค, ขฉกก, ขฉกข, ขฉกค, คงกก, คงกข, คงกค, คจกก, คจกข, คจกค, คฉกก, คฉกข, คฉกค, กงขก, กงขข, กงขค, กงคก, กงคข, กงคค, กงงก, กงงข, กงงค, กจขก, กจขข, กจขค, กจคก, กจคข, กจคค, กจงก, กจงข, กจงค, กฉขก, กฉขข, กฉขค, กฉคก, กฉคข, กฉคค, กฉงก, กฉงข, กฉงค, ขงขก, ขงขข, ขงขค, ขงคก, ขงคข, ขงคค, ขงงก, ขงงข, ขงงค, ขจขก, ขจขข, ขจขค, ขจคก, ขจคข, ขจคค, ขจงก, ขจงข, ขจงค, ขฉขก, ขฉขข, ขฉขค, ขฉคก, ขฉคข, ขฉคค, ขฉงก, ขฉงข, ขฉงค, คงขก, คงขข, คงขค, คงคก, คงคข, คงคค, คงงก, คงงข, คงงค, คจขก, คจขข, คจขค, คจคก, คจคข, คจคค, คจงก, คจงข, คจงค, คฉขก, คฉขข, คฉขค, คฉคก, คฉคข, คฉคค, คฉงก, คฉงข, คฉงค, กกกก, กกกข, กกกค, กขกก, กขกข, กขกค, กคกก, กคกข, กคกค, ขกกก, ขกกข, ขกกค, ขขกก, ขขกข, ขขกค, ขคกก, ขคกข, ขคกค, คกกก, คกกข, คกกค, คขกก, คขกข, คขกค, คคกก, คคกข, คคกค, กกขก, กกขข, กกขค, กกคก, กกคข, กกคค, กกงก, กกงข, กกงค, กขขก, กขขข, กขขค, กขคก, กขคข, กขคค, กขงก, กขงข, กขงค, กคขก, กคขข, กคขค, กคคก, กคคข, กคคค, กคงก, กคงข, กคงค, ขกขก, ขกขข, ขกขค, ขกคก, ขกคข, ขกคค, ขกงก, ขกงข, ขกงค, ขขขก, ขขขข, ขขขค, ขขคก, ขขคข, ขขคค, ขขงก, ขขงข, ขขงค, ขจขก, ขจขข, ขจขค, ขจคก, ขจคข, ขจคค, ขจงก, ขจงข, ขจงค, ขฉขก, ขฉขข, ขฉขค, ขฉคก, ขฉคข, ขฉคค, ขฉงก, ขฉงข, ขฉงค, คกขก, คกขข, คกขค, คกคก, คกคข, คกคค, คกงก, คกงข, คกงค, คขขก, คขขข, คขขค, คขคก, คขคข, คขคค, คขงก, คขงข, คขงค, คคขก, คคขข, คคขค, คคคก, คคคข, คคคค, คคงก, คคงข, คคงค</p>	

ชื่อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
	<p>กกงก, กกงข, กกงค, กขขก, กขขข, กขขค, กขคก, กขคข, กขคค, กขงก, กขงข, กขงค, กคขก, กคขข, กคขค, กคคก, กคคข, กคคค, กคกง, กคงข, กคงค, ขกขก, ขกขข, ขกขค, ขกคก, ขกคข, ขกคค, ขกขง, ขกขข, ขกขง, ขขขก, ขขขข, ขขขค, ขขคก, ขขคข, ขขคค, ขขขง, ขขขข, ขขขง, ขคขก, ขคขข, ขคขค, ขคคก, ขคคข, ขคคค, ขคขง, ขคขข, ขคขง, คกขก, คกขข, คกขค, คกคก, คกคข, คกคค, คกขง, คกขข, คกขง, คคขก, คคขข, คคขค, คคคก, คคคข, คคคค, คคขง, คคขข, คคขง, คคขก, คคขข, คคขค, คคคก, คคคข, คคคค, คคกง, คคงข, คคงค</p>	
	<p>งงขง, งงขจ, งงขฉ, งงคง, งงคจ, งงคฉ, งงงง, งงงจ, งงงฉ, งจขง, งจขจ, งจขฉ, งจคง, งจคจ, งจคฉ, งจงง, งจงจ, งจงฉ, งฉขง, งฉขจ, งฉขฉ, งฉคง, งฉคจ, งฉคฉ, งฉงง, งฉงจ, งฉงฉ, งกขง, งกขจ, งกขฉ, งกคง, งกคจ, งกคฉ, งกขง, งกขจ, งกขฉ, งกขง, งกขจ, งกขฉ, งกคง, งกคจ, งกคฉ, งขงง, งขงจ, งขงฉ, งคขง, งคขจ, งคขฉ, งคคง, งคคจ, งคคฉ, งคขง, งคขจ, งคขฉ, กงขง, กงขจ, กงขฉ, กงคง, กงคจ, กงคฉ, กงขง, กงขจ, กงขฉ, กจขง, กจขจ, กจขฉ, กจคง, กจคจ, กจคฉ, กจงง, กจงจ, กจงฉ, กฉขง, กฉขจ, กฉขฉ, กฉคง, กฉคจ, กฉคฉ, กฉงง, กฉงจ, กฉงฉ, กฉขง, ขงขง, ขงขจ, ขงขฉ, ขงคง, ขงคจ, ขงคฉ, ขงงง, ขงงจ, ขงงฉ, ขจขง, ขจขจ, ขจขฉ, ขจคง, ขจคจ, ขจคฉ, ขจงง, ขจงจ, ขจงฉ, ขฉขง, ขฉขจ, ขฉขฉ, ขฉคง, ขฉคจ, ขฉคฉ, ขฉงง, ขฉงจ, ขฉงฉ, คงขง, คงขจ, คงขฉ, คงคง, คงคจ, คงคฉ, คงงง, คงงจ, คงงฉ, คจขง, คจขจ, คจขฉ, คจคง, คจคจ, คจคฉ, คจงง, คจงจ, คจงฉ, คฉขง, คฉขจ, คฉขฉ, คฉคง, คฉคจ, คฉคฉ, คฉงง, คฉงจ, คฉงฉ, กกขง, กกขจ, กกขฉ, กกคง, กกคจ, กกคฉ, กกขง, กกขจ, กกขฉ, กขขง, กขขจ, กขขฉ, กขคง, กขคจ, กขคฉ, กขงง, กขงจ, กขงฉ, กคขง, กคขจ, กคขฉ, กคคง, กคคจ, กคคฉ, กคขง, กคขจ, กคขฉ, ขกขง, ขกขจ, ขกขฉ, ขกคง, ขกคจ, ขกคฉ, ขกขง, ขกขจ, ขกขฉ, ขขขง,</p>	<p>เข้าใจแนวคิดผิด</p>

ข้อเสนอแนะสำหรับการวินิจฉัย

1. นักเรียนมีความรู้ มีความเข้าใจ หรือ มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง คือ นักเรียนสามารถที่จะตอบคำถามได้ถูกต้อง มีเหตุผลในการตอบถูก และมีระดับความมั่นใจในการตอบคำถามสูง ตัวอย่างเช่น นักเรียนตอบคำถามชั้นที่ 1 และ 3 ถูก และมีระดับความมั่นใจมากกว่า 2 ในชั้นที่ 2 และ 4 ครูควรสนับสนุนเพิ่มเติมส่งเสริมความรู้ของนักเรียนต่อไป

2. นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิด คือ นักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบของตัวเองซึ่งคำตอบนั้น อาจจะมีนักเรียนที่ตอบถูกเฉพาะส่วนของคำถาม ตอบถูกเฉพาะส่วนของเหตุผล หรือตอบผิดทั้งคำถามและเหตุผล นักเรียนที่ไม่เข้าใจแนวคิด ควรได้รับความรู้หรือได้รับการเรียนซ่อมเสริมอย่างเร่งด่วน ผู้สอนควรจะหาวิธีหรือปรับเปลี่ยนวิธีการสอนต่อไป ตัวอย่างเช่น นักเรียนตอบคำถามชั้นที่ 1 ถูก ตอบคำถามชั้นที่ 3 ผิด ครูควรสอนเพิ่มเติม เพื่อแก้ไขมโนทัศน์ที่นักเรียนไม่เข้าใจให้เข้าใจอย่างถูกต้อง

3. นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดผิด คือ นักเรียนที่ตอบคำถามไม่ว่าจะตอบถูกหรือตอบผิด แต่นักเรียนให้เหตุผลในคำตอบที่ผิด และมีความมั่นใจมากในการให้เหตุผลที่ผิด ซึ่งเป็นอันตรายต่อตัวนักเรียนเพราะนักเรียนคิดว่านักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง ผู้ดำเนินการสอบหรือผู้สอนควรมีการสอนเพิ่มเติม เพื่อแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะได้ไม่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของนักเรียน และเมื่อเกิดการต่อยอดความรู้จะได้ไม่สร้างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนขึ้นไปอีก ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนตอบคำถามชั้นที่ 1 ผิด คำถามชั้นที่ 3 ถูก แต่มีระดับความมั่นใจในการตอบ ชั้นที่ 2 และ 4 มากกว่า 2 ควรมีการสอนเพิ่มเติม แก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง

4. นักเรียนที่เดาหรือขาดความเชื่อมั่น คือ นักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบของตัวเองซึ่งคำตอบและเหตุผลนั้นถูกต้อง จากการวินิจฉัยว่านักเรียนเดา คือนักเรียนไม่มีความรู้และบังเอิญเลือกคำตอบถูก เพราะนักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบ หรือนักเรียนอาจจะมีความรู้แต่ไม่มั่นใจว่าความรู้ที่มีถูกหรือผิด จึงไม่มั่นใจในคำตอบ ดังนั้น ผู้ดำเนินการสอบหรือผู้สอนควรจะสัมภาษณ์เพื่อแยกนักเรียนที่เดาออกจากนักเรียนที่ไม่มีความมั่นใจในการตอบ และทำการซ่อมเสริมให้กับนักเรียนที่เดาเพื่อให้นักเรียนจะได้มีความรู้หรือมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ส่วนนักเรียนที่ขาดความเชื่อมั่นผู้สอนก็ควรจะสอนเสริมให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องและให้นักเรียนมั่นใจในมโนทัศน์ที่ถูกต้องของตนเอง เพื่อเพิ่มความมั่นใจในการตอบคำถามของนักเรียน ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนที่ตอบคำถามชั้นที่ 1 และ 3 ถูก แต่ไม่มั่นใจในคำตอบ ครูควรที่จะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความมั่นใจในการทำแบบทดสอบ สอนเสริมเพิ่มให้นักเรียนมีความมั่นใจและมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

ภาคผนวก ค

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นวิชาฟิสิกส์
เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สพม.18

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้นวิชาฟิสิกส์
เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สพม.18

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบวินิจฉัย:

1. แบบทดสอบฉบับนี้มี 13 หน้า
2. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ ให้นักเรียนเขียน X ลงกระดาษคำตอบ
3. ไม่กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบวินิจฉัย นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบได้

จนกว่านักเรียนจะทำข้อสอบจนเสร็จสมบูรณ์

4. ข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ จะคำถามสี่คำถามหรือคำถามสี่ชั้น นักศึกษาจะต้องตอบคำถามทุกชั้นจึงจะได้คะแนน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ข้อ (0)

คำถามชั้นที่ 1 วัตถุมวล m อยู่สูงจากพื้นเป็นระยะทาง h พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนบนผิวโลกและบนผิวดวงจันทร์จะมีค่าเท่ากันหรือไม่

- ก. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนบนผิวโลกจะมีค่ามากกว่าบนผิวดวงจันทร์
- ข. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนบนผิวโลกจะมีค่าน้อยกว่าบนผิวดวงจันทร์
- ค. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของโลกจะมีค่าลดลงครึ่งหนึ่งของผิวดวงจันทร์
- ง. พลังงานศักย์โน้มถ่วงบนผิวโลกและดวงจันทร์มีค่าเท่ากัน

คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม

- | | | |
|-----------|----------------|--------------------|
| ก. คาดเคา | ข. เกือบคาดเคา | ค. ไม่มั่นใจ |
| ง. มั่นใจ | จ. มั่นใจมาก | ฉ. มั่นใจมากที่สุด |

คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม

- ก. เพราะ g บนผิวโลกมากกว่า g บนผิวดวงจันทร์
- ข. เพราะ g บนผิวโลกน้อยกว่า g บนผิวดวงจันทร์
- ค. เพราะ g บนผิวโลกมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของ g บนผิวของดวงจันทร์
- ง. ค่า g บนผิวโลกและผิวของดวงจันทร์มีค่าเท่ากัน

คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล

- ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ
 ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด

สมมติว่านักเรียนตอบคำถามชั้นที่ 1 ตอบ (ข้อ ก) โดยมีระดับความมั่นใจในการตอบคำถาม อยู่ที่ “มั่นใจมากที่สุด” (ข้อ ฉ) และมีเหตุผลในการตอบในคำถามชั้นที่ 1 คือ (ข้อ ก) และมีระดับความมั่นใจในการตอบ คือ (ข้อ ค) อยู่ที่ระดับ “มั่นใจ” ดังนั้นนักเรียนคนนี้จะทำเครื่องหมายในข้อที่เขาเลือกตอบ ดังต่อไปนี้

ชั้น คำถาม	คำถามชั้นที่ 1				คำถามชั้นที่ 2 ระดับความมั่นใจ ในการตอบคำถาม ชั้นที่ 1					คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลในการ ตอบคำถาม ชั้นที่ 1				คำถามชั้นที่ 4 ระดับความมั่นใจ ในการตอบคำถาม ชั้นที่ 3						
	ก	ข	ค	ง	ก	ข	ค	ง	จ	ฉ	ก	ข	ค	ง	ก	ข	ค	ง	จ	ฉ
1																				
2	X									X	X						X			

ข้อ 1	<p>คำถามชั้นที่ 1 ข้อใดต่อไปนี้ไม่เกิดงานในความหมายของงานทางฟิสิกส์</p> <p>ก. ยกของจากพื้นขึ้นไปไว้บนโต๊ะ</p> <p>ข. เด็กชายเดินแบกเก้าอี้ไปตามถนนราบ</p> <p>ค. เซ็นรถให้เคลื่อนที่</p> <p>ง. เด็กหญิงเดินจากชั้นล่างขึ้นบน</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
-------	--

	<p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม</p> <p>ก. เมื่อมีความสูงจะมีงานเกิดขึ้นเสมอ ข. งานจะมีค่ามากที่สุด เมื่อแรงและระยะทางมีทิศเดียวกัน ค. งานเกิดจากแรงคูณด้วยระยะทางที่ตั้งฉากกับแนวแรง ง. งานจะเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศเดียวกับแรง</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 2	<p>คำถามชั้นที่ 1 สถานการณ์ต่อไปนี้งานในข้อใดมีค่าเป็นศูนย์</p> <p>ก. สมชายนั่งแบกของบนรถที่กำลังเคลื่อนที่บนถนนราบ ข. สมศักดิ์ยกกล่องนมขึ้นไปวางบนหลังตู้เย็น ค. สมศรีขว้างลูกเบสบอล ง. สมหญิงดึงเชือกออกจากมือเพื่อน</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม</p> <p>ก. ทิศของแรงและแนวการเคลื่อนที่ตั้งฉากกัน ข. ทิศของแรงและแนวการเคลื่อนที่มีทิศเดียวกัน ค. ทิศของแรงและแนวการเคลื่อนที่ทำมุมกัน ง. ทิศของแรงและแนวการเคลื่อนที่ตรงข้าม</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>

ข้อ 3	<p>คำถามชั้นที่ 1 ยกของมวล 100 กิโลกรัม ขึ้นสูง 10 เมตร ในเวลา 20 วินาที จงหาค่ากำลังของการยกของครั้งนี้</p> <p>ก. 50 วัตต์ ข. 200 วัตต์ ค. 400 วัตต์ ง. 500 วัตต์</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม</p> <p>ก. เพราะกำลังหาได้แรงคูณกับระยะทางที่ตั้งฉากตามแนวแรง ข. เพราะกำลังหาได้จากงานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลา ค. เพราะกำลังหาได้จากมวลคูณความสูงต่อหนึ่งหน่วยเวลา ง. เพราะกำลังหาได้จากงานที่กระทำในหนึ่งหน่วยเวลาคูณกับมวลของวัตถุ</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 4	<p>คำถามชั้นที่ 1 กำลังเฉลี่ยเกี่ยวข้องกับปริมาณใด</p> <p>ก. แรงที่ทำได้กับช่วงเวลาที่ใช้ ข. ความเร็วที่ทำได้กับช่วงเวลาที่ใช้ ค. พลังงานที่ทำได้กับช่วงเวลาที่ใช้ ง. งานที่ทำได้กับช่วงเวลาที่ใช้</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>

	<p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลในการตอบคำถาม</p> <p>ก. กำลังเฉลี่ยมีความหมายเดียวกับแรง ข. กำลังเฉลี่ยมีความหมายเดียวกับพลังงาน ค. กำลังเฉลี่ยคืองานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ง. กำลังเฉลี่ยคือความเร็วในการทำงานของแรงที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 5	<p>คำถามชั้นที่ 1 วัตถุมวล m อยู่สูงจากพื้นเป็นระยะทาง h พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุบนผิวโลกและบนผิวดวงจันทร์จะมีค่าเท่ากันหรือไม่</p> <p>ก. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุบนผิวโลกจะมีค่าน้อยกว่าบนผิวดวงจันทร์ ข. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุบนผิวโลกจะมีค่ามากกว่าบนผิวดวงจันทร์ ค. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของโลกจะมีค่าลดลงครึ่งหนึ่งของผิวดวงจันทร์ ง. พลังงานศักย์โน้มถ่วงบนผิวโลกและดวงจันทร์มีค่าเท่ากัน</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม</p> <p>ก. เพราะ g บนผิวโลกมากกว่า g บนผิวดวงจันทร์ ข. เพราะ g บนผิวโลกน้อยกว่า g บนผิวดวงจันทร์ ค. เพราะ g บนผิวโลกมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของ g บนผิวของดวงจันทร์ ง. ค่า g บนผิวโลกและผิวของดวงจันทร์มีค่าเท่ากัน</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>

<p>ข้อ 6</p>	<p>คำถามชั้นที่ 1 ข้อใดกล่าวถึงความหมายของพลังงานจลน์ได้ถูกต้อง</p> <p>ก. พลังงานของวัตถุที่กำลังหยุดนิ่ง ข. พลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ค. พลังงานของวัตถุที่กำลังจะเคลื่อนที่ ง. พลังงานของวัตถุที่กำลังตกจากที่สูง</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถาม</p> <p>ก. พลังงานจลน์เกิดจากวัตถุไม่เคลื่อนที่ ข. วัตถุที่เคลื่อนที่เร็วกว่า จะมีพลังงานจลน์มากกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ช้า ค. วัตถุที่เคลื่อนที่เร็วกว่า จะมีพลังงานจลน์น้อยกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ช้า ง. วัตถุเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกจะมีพลังงานจลน์เสมอ</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
<p>ข้อ 7</p>	<p>คำถามชั้นที่ 1 วัตถุก้อนหนึ่งเดิมมีความเร็ว V ต่อมาความเร็วเปลี่ยน $2V$ อยากทราบว่า พลังงานจลน์ของวัตถุเพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่าไร</p> <p>ก. ลดลง $1/2$ เท่าของตอนแรก ข. ลดลง $1/6$ เท่าของตอนแรก ค. เพิ่มขึ้น 2 เท่าของตอนแรก ง. พลังงานจลน์ไม่เปลี่ยนแปลง</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>

	<p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>ก. พลังงานจลน์แปรผันตรงกับความเร็วกกำลังสอง ข. พลังงานจลน์แปรผกผันกับความเร็ว ค. ความเร็วของวัตถุไม่เกี่ยวข้องกัพลังงานจลน์ ง. พลังงานจลน์แปรผกผันกับทิศการเคลื่อนที่ของความเร็ว</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 8	<p>คำถามชั้นที่ 1 เมื่อวางวัตถุไว้บนโต๊ะที่มีความสูงจะส่งผลให้เกิดพลังงานใด</p> <p>ก. พลังงานจลน์ ข. พลังงานสะสม ค. พลังงานศักย์ ง. พลังงานเสียง</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>ก. วัตถุที่วางอยู่บนโต๊ะจะไม่เกิดการเคลื่อนที่ ข. วัตถุมีการเปลี่ยนรูปของพลังงาน ค. วัตถุที่วางบนโต๊ะจะเกิดพลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุที่อยู่หนึ่ง ง. จะเกิดการสั่นสะเทือนของวัตถุ</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 9	<p>คำถามชั้นที่ 1 ข้อใดเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วงเปลี่ยนค่าได้</p> <p>ก. รถยนต์กำลังวิ่งด้วยความเร็วอยู่บนถนน ข. ลูกบอลกลิ้งบนพื้นดิน ค. โองน้ำวางบนพื้นปูน ง. ออกแรงเข็นรถไปตามพื้นราบ</p>

	<p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>ก. พลังงานศักย์โน้มถ่วงเกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีความเร็ว ข. พลังงานศักย์โน้มถ่วงเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่นิ่ง ค. พลังงานศักย์โน้มถ่วงเกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีความสูงเข้ามาเกี่ยวข้อง ง. พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ตามแนวราบ</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 10	<p>คำถามชั้นที่ 1 วัตถุมวล 5 กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัม ตกอย่างอิสระจากที่สูง 10 เมตร และ 5 เมตร ตามลำดับ พลังงานศักย์ที่เกิดขึ้นเป็นเท่าใด</p> <p>ก. วัตถุทั้งสองจะตกถึงพื้นพร้อมกัน ข. วัตถุทั้งสองมีความเร็วสุดท้ายเท่ากัน ค. วัตถุทั้งสองมีพลังงานจลน์และพลังงานศักย์เท่ากันที่ระดับความสูงเดียวกัน ง. วัตถุทั้งสองมีความเร่งเท่ากัน</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลในการตอบ</p> <p>ก. วัตถุทั้งสองอยู่ภายใต้สนามโน้มถ่วงเดียวกันความเร่งต้องมีค่าเท่ากัน ข. การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ขึ้นอยู่กับเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ค. พลังงานศักย์ของวัตถุจะเพิ่มขึ้นเมื่อยิ่งเคลื่อนที่ใกล้โลก ง. พลังงานศักย์โน้มถ่วงไม่เกี่ยวข้องกับกับความเร็วสูง</p>

	<p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 11	<p>คำถามชั้นที่ 1 ข้อใดต่อไปนี้อีกกล่าวถึงพลังงานศักย์ยืดหยุ่นได้ถูกต้องที่สุด</p> <p>ก. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ พลังงานของวัตถุต่างๆ ที่เคลื่อนที่สลับไปมา ข. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ ค่าคงที่ ที่เปลี่ยนแปลงตามความเร็ว ค. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ สามารถเปลี่ยนแปลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก ง. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ วัตถุที่ถูกทำให้ยืดตัวออกหรือหดตัวลง</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลในการตอบคำถาม</p> <p>ก. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่นแปรผันตรงกับระยะทางที่สปริงยืดออกหรือหดเข้า ข. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่นแปรผกผันกับระยะทางที่สปริงยืดออกหรือหดเข้า ค. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่นแปรผันตรงกับความเร็ว ง. เพราะพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของวัตถุ มีค่าคงตัว ไม่ว่าจะยืดออกหรือหดเท่าใด</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 12	<p>คำถามชั้นที่ 1 ข้อใดต่อไปนี้อีกกล่าวถึงกฎการอนุรักษ์พลังงานได้ถูกต้อง</p> <p>ก. กฎการอนุรักษ์พลังงาน คือ พลังงานมีการสูญหาย. และสามารถเกิดขึ้นมาได้ ข. กฎการอนุรักษ์พลังงาน คือ พลังงานเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้ และไม่สามารถทำให้สูญหายไป ค. กฎการอนุรักษ์พลังงาน คือ เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำส่งผลให้พลังงานจะเปลี่ยนรูป ง. กฎการอนุรักษ์พลังงาน คือ พลังงานจะเกิดการเปลี่ยนรูป และผลรวมของพลังงาน จะเปลี่ยนไปตามรูปแบบที่เปลี่ยน</p>

	<p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>ก. พลังงานที่ตำแหน่งใด ๆ ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน. ข. พลังงานจะไม่สูญหายแต่จะเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน ค. พลังงานเกิดจากแรงคูณกับระยะทาง ง. พลังงานของวัตถุจะหมดไป เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 13	<p>คำถามชั้นที่ 1 ข้อใดคือสมการกฏอนุรักษ์พลังงานที่ตำแหน่ง A และ ตำแหน่ง B ในกรณีที่ไม่มีความเสียดทานกระทำ</p> <p>ก. $E_A > E_B$ ข. $E_A = E_B$ ค. $E_A < E_B$ ง. $E_A + W = E_B$</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ระดับความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>ก. พลังงานตอนหลังจะมากกว่าพลังงานเริ่มต้น ข. พลังงานเริ่มต้นจะมีค่ามากกว่าพลังงานตอนหลังเพราะมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้น ค. พลังงานเริ่มต้นจะเท่ากับพลังงานตอนหลัง ผลรวมของพลังงานแต่ละตำแหน่งจะไม่คงที่ ง. พลังงานเริ่มต้นจะเท่ากับพลังงานตอนหลัง ผลรวมของพลังงาน แต่ละตำแหน่งคงที่</p>

	<p>คำถามชั้นที่ 4 ระดับความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 14	<p>คำถามชั้นที่ 1 สถานการณ์การผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำในเขื่อนข้อใดต่อไปนี้กล่าวถึง การเปลี่ยนรูปพลังงานที่ถูกต้องตามกฎหมายการอนุรักษ์พลังงาน</p> <p>ก. การเปลี่ยนจากพลังงานแสงไปเป็นพลังงานเคมี ข. มีการเปลี่ยนรูปจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานไฟฟ้า ค. มีการเปลี่ยนรูปจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง ง. มีการเปลี่ยนรูปจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานจลน์</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>ก. วัตถุจะมีพลังงานกลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น ข. วัตถุจะมีพลังงานศักย์เพิ่มขึ้น เมื่อน้ำไหลเร็วขึ้น ค. พลังงานกลของวัตถุจะมีค่าคงตัวแต่พลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของวัตถุ จะมีการเปลี่ยนแปลง ง. พลังงานกลของวัตถุมีค่าไม่คงตัว และพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของวัตถุ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>

<p>ข้อ 15</p>	<p>คำถามชั้นที่ 1 การใช้เสียงจินตนาการ เป็นการใช้หลักการของเครื่องกลผ่อนแรงชนิดใด ก. คาน ข. ลิ่ม ค. พื้นเอียง ง. สกรู</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ตอบคำถาม ก. การให้แรงในแนวตั้งฉากกับส่วนหัว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแรงตั้งฉากไปแนวแรง ในแนวตั้งฉากกับพื้นเอียง ข. เป็นเครื่องมือกลพื้นฐาน ซึ่งโดยหลักการคือการใช้พื้นเอียงในการแยกของสองสิ่ง ออกจากกัน ค. เป็นการติดหรือจัดวัตถุให้เคลื่อนที่รอบจุดหมุน มีจุดหมุนอยู่ระหว่าง แรงความพยายามและแรงความต้านทาน ง. จะแทรกลงไปในวัตถุได้ด้วยแรงตอก ฟังลงในร่องจึงนำมาใช้รับ โมเมนต์ได้</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
<p>ข้อ 16</p>	<p>คำถามชั้นที่ 1 คานในข้อใดออกแรงน้อยที่สุด ถ้าแรงพยายามและแรงต้านทาน มีน้ำหนักเท่ากัน ก. แรงพยายามอยู่ห่างจากจุดหมุนมาก ๆ ข. แรงพยายามอยู่ใกล้จุดหมุนมาก ๆ ค. แรงพยายามอยู่ระหว่างจุดหมุนและแรงต้านทาน ง. ทุกตำแหน่งผ่อนแรงได้เท่ากัน</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>

	<p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>ก. เพราะช่วยลดงานที่ให้กับเครื่องกล ข. เพราะแรงแปรผกผันกับระยะห่างจากจุดหมุน ค. เพราะออกแรงน้อยลงการกระจัดเพิ่มมากขึ้น ง. เพราะออกแรงมากการกระจัดจากจุดหมุนมาถึงแรงพยายามจะมาก</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 17	<p>คำถามชั้นที่ 1 รอกในข้อใดมีประสิทธิภาพสูงในการใช้งาน</p> <p>ก. รอกที่มีขนาดเล็ก ข. รอกที่มีขนาดใหญ่ ค. รอกดื่นและคล่อง ง. รอกที่คล้องด้วยเชือกยาว</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลในการตอบ</p> <p>ก. มีแรงเสียดทานน้อย ความต้านทานมาก ข. มีแรงเสียดทานน้อย ความต้านทานน้อย ค. ขนาดของเชือกไม่มีผลต่อแรง ง. ความยาวของเชือกมากช่วยผ่อนแรง</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>

<p>ข้อ 18</p>	<p>คำถามชั้นที่ 1 ข้อใดอธิบายแรงอนุรักษ์ได้ถูกต้องที่สุด</p> <p>ก. แรงที่ทำให้เกิดงาน เกี่ยวข้องกับเส้นทางการเคลื่อนที่</p> <p>ข. แรงที่ทำให้เกิดงาน ไม่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการเคลื่อนที่</p> <p>ค. แรงที่ไม่ทำให้เกิดงาน เกี่ยวข้องกับเส้นทางการเคลื่อนที่</p> <p>ง. แรงของงานอนุรักษ์ทำให้พลังงานกลของวัตถุเปลี่ยนไป</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ</p> <p>ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลในการตอบ</p> <p>ก. งานที่เกิดขึ้นกับวัตถุ พลังงานกลของวัตถุจะมีค่าไม่คงตัว</p> <p>ข. งานที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับจุดตั้งต้นเพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยไม่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการเคลื่อนที่</p> <p>ค. งานที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงขึ้นอยู่กับจุดตั้งต้นและจุดสุดท้ายเท่านั้น โดยไม่เกี่ยวข้องกับเส้นทางการเคลื่อนที่</p> <p>ง. งานจากแรงเสียดทาน วัตถุมีจุดตั้งต้นและจุดสุดท้ายเดียวกัน แต่งานอาจไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับเส้นทางที่ใช้</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ</p> <p>ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
<p>ข้อ 19</p>	<p>คำถามชั้นที่ 1 ประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร</p> <p>ก. แตกต่างกัน ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบที่กำลัง ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบที่งาน</p> <p>ข. แตกต่างกัน ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบที่งาน ส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบที่แรง</p> <p>ค. ไม่แตกต่างกัน ทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบที่กำลังทั้งคู่</p> <p>ง. ไม่แตกต่างกัน ทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกลและการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบที่แรงทั้งคู่</p>

	<p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p> <p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลในการตอบคำถาม</p> <p>ก. ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบงานที่ได้จากเครื่องกลต่องานที่ทำให้แก่เครื่องกลส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบแรงที่ได้จากเครื่องกลต่อแรงที่ใส่ให้เครื่องกล</p> <p>ข. ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบแรงที่ได้จากเครื่องกลต่อแรงที่ทำให้แก่เครื่องกลส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบกำลังที่ได้จากเครื่องกลต่อกำลังที่ใส่ให้เครื่องกล</p> <p>ค. ประสิทธิภาพของเครื่องกลเป็นการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากเครื่องกลต่อแรงที่ทำให้แก่เครื่องกลส่วนการได้เปรียบเชิงกลเป็นการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากเครื่องกลต่อกำลังที่ใส่ให้เครื่องกล</p> <p>ง. พลังงานที่ให้กับเครื่องกลจะสูญหายกลายเป็นพลังงานอื่น ๆ ได้</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>
ข้อ 20	<p>คำถามชั้นที่ 1 การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายชนิดหนึ่งมีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าเครื่องกลนั้นเป็นอย่างไร</p> <p>ก. เครื่องกลช่วยผ่อนแรง ข. เครื่องกลไม่ช่วยผ่อนแรง ค. ช่วยให้ทำงานสะดวกขึ้นแต่ไม่ผ่อนแรง ง. เครื่องกลไม่ช่วยผ่อนแรง และยังสูญเสียพลังงาน</p> <p>คำถามชั้นที่ 2 ความมั่นใจในการตอบคำถาม</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด ง. มั่นใจ จ. มั่นใจมาก ฉ. มั่นใจมากที่สุด</p>

<p>คำถามชั้นที่ 3 เหตุผลในการตอบคำถาม</p> <p>ก. เพราะการได้เปรียบเชิงกลเท่ากับกำลังที่ได้จากเครื่องกลต่อกำลังที่ให้กับเครื่องกล</p> <p>ข. เพราะการได้เปรียบเชิงกลเท่ากับกำลังที่ให้กับเครื่องกลต่อกำลังที่ได้จากเครื่องกล</p> <p>ค. เพราะการได้เปรียบเชิงกลเท่ากับแรงที่ใส่ให้เครื่องกลต่อแรงที่ได้จากเครื่องกล แสดงว่าแรงที่ได้จากเครื่องกลน้อยกว่าแรงที่ใส่</p> <p>ง. เพราะการได้เปรียบเชิงกลเท่ากับแรงที่ได้จากเครื่องกลต่อแรงที่ใส่ให้เครื่องกล แสดงว่าแรงที่ได้จากเครื่องกลมากกว่าแรงที่ใส่</p> <p>คำถามชั้นที่ 4 ความมั่นใจในการตอบเหตุผล</p> <p>ก. คาดเดา ข. เกือบคาดเดา ค. ไม่มั่นใจ</p>
--