

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นวิชาฟิสิกส์
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ปัทมาพร ฌ น่าน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิจัย วัตถุประสงค์ และสถิติการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤษภาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา


คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ปัทมาพร ฅ น่าน ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัฒนผลและสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้


คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศรีสวัสดิ์)

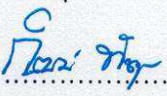

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.สมพงษ์ ปั่นหุ่น)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

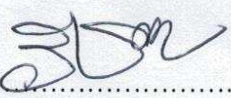

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมโภชน์ อเนกสุข)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศรีสวัสดิ์)


..... กรรมการ
(ดร.สมพงษ์ ปั่นหุ่น)


.....กรรมการ
(ดร.กิตติมา พันธุ์พฤกษา)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย วัฒนผลและสถิติการศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต สุรัตน์เรืองชัย)

วันที่...23...เดือน...พฤษภาคม.....พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และอาจารย์ ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนพิจารณา ให้ออกเสนอแนะ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาใช้เวลา ให้ออกเสนอแนะ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย วัสดุ และสถิติการศึกษา ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้การอบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ที่ดีและมีคุณค่า ยิ่งแก่ผู้วิจัย หล่อหลอมให้ศิษย์เป็นนักวิจัยที่มีประสิทธิภาพ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณปู่ คุณตา คุณพ่อ คุณแม่ น้องสาวที่น่ารัก และพี่ ๆ ทุกคน ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูคุณบิดาแต่บุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และอบรมสั่งสอน ทำให้ผู้วิจัยเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ปัทมาพร ฌ น่าน

57920418: สาขาวิชา: วิชา วัตถุประสงค์และสถิติการศึกษา; วท.ม. (วิชา วัตถุประสงค์และสถิติการศึกษา)

คำสำคัญ: แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น/ โนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน/ ฟิสิกส์/ แรงและ
กฎการเคลื่อนที่

บทมาพร ณาน: การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น
วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (THE
CONSTRUCTION OF THREE-TIER DIAGNOSTIC TEST FOR DETECTING PHYSICS
MISCONCEPTIONS IN FORCE AND LAW OF MOTION USING FOR THE 10th GRADE
STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: เศรษฐ์ ศิริสวัสดิ์, กศ.ด., สมพงษ์ ปั่นหุ่น, ค.ด.
173 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
แบบสามชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นในด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรง
และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และเพื่อสร้างคู่มือการใช้
แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและ
กฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียน
ที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาที่ 4 และนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ใน
สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 675 คน ซึ่งเลือกมาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่ง
ชั้นภูมิ (Stratified random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์
ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จำนวน 20 ข้อ

ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น มีค่า
ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (ค่า IOC = 1.00) มีค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างอยู่ระหว่าง .91-.99
ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ค่าความยากชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 มีค่าอยู่ระหว่าง .20-.58
ค่าอำนาจจำแนกใช้สูตรของ Brennan มีค่าตั้งแต่ .25-.79 ส่วนค่าความเชื่อมั่นใช้สูตรของ
Livingston มีค่าอยู่ระหว่าง .88-.93 สำหรับคะแนนจุดตัดหาโดยวิธีของ Angoff เท่ากับ 13 คะแนน
จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ผลการวินิจฉัย พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดใน
เรื่องความหมายของแรง นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากที่สุด เรื่อง การวิเคราะห์การเกิดแรง
และเรื่องน้ำหนักของวัตถุ นักเรียนที่เดาหรือขาดความเชื่อมั่นมากที่สุดในเรื่องสนามโน้มถ่วง
และแรงโน้มถ่วง และเรื่องที่นักเรียนขาดความรู้มากที่สุด คือ เรื่องความเฉื่อยของวัตถุ

57920418: MAJOR: EDUCATIONAL RESEARCH, MEASUREMENT AND STATISTICS;
M.Sc. (EDUCATIONAL RESEARCH, MEASUREMENT AND STATISTICS)

KEYWORDS: THREE-TIER DIAGNOSTIC TEST/ MISCONCEPTIONS/ PHYSICS/ FORCE
AND LAW OF MOTION

PATTAMAPORN NANAN: THE CONSTRUCTION OF THREE-TIER DIAGNOSTIC
TEST FOR DETECTING PHYSICS MISCONCEPTIONS IN FORCE AND LAW OF MOTION
USING FOR THE 10th GRADE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: CHADE SIRISAWAT,
Ed.D., SOMPONG PANHOON, Ph.D. 173 P. 2018.

This research aimed to: 1) construct the tree-tier diagnostic test for detecting the physics misconceptions on force and law of motion for the 10th grade students, 2) to validate the difficulty, the discrimination, the validity and the reliability of the tests, 3) detecting physics misconceptions and, 4) to create the teacher manual of the test. The sample of the research was selected by stratified random sampling technique. The sample consisted of 675 students who studied at 10th and 11th grade of schools were under Chon Buri-Rayong Secondary Educational service area office. The research instrument was 20 items of the tree-tier diagnostic test for detecting the physics misconceptions in force and law of motion.

The result showed that the test met the requirements of content validity (IOC = 1.0) having construct validity between 0.91-0.99. The difficulty of all items ranged from .20-.58. The discrimination index was calculated by Brennan Method ranged from .25-.79. The reliable of the test according to Livingston Method ranged from .88-.93. The cutting score calculated by Angoff Method was 13 points of 20 points. The topic which students had misconception the most was the Force meaning and the topic that students had most accurate concept was the analysis of force formation and weight of objects all most all students lack confidence in gravitational field and gravitational force. The topic of inert of inertia was the most topic that students lacked of knowledge.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
ขอบเขตการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน.....	8
แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน.....	14
มโนทัศน์ในเรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน.....	31
การหาคุณภาพแบบทดสอบ.....	35
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	49
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	57
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	57
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	59
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	60
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	66
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	69
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	69
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	69
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	70
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	121
สรุปผลการวิจัย.....	122
อภิปรายผล.....	125
ข้อเสนอแนะ.....	131
บรรณานุกรม.....	133
ภาคผนวก.....	141
ภาคผนวก ก.....	142
ภาคผนวก ข.....	144
ภาคผนวก ค.....	160
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	173

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	ค่าความน่าจะเป็นของแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญ..... 45
2	การพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังในข้อสอบโดยวิธีของอ็อบล..... 46
3	ตัวอย่างการหาคะแนนจุดตัด..... 46
4	จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน..... 58
5	มโนทัศน์ที่ใช้ในการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและ กฎการเคลื่อนที่..... 62
6	แบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น และ การแปลผล..... 64
7	เกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก..... 65
8	เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก..... 65
9	ผลสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องแรง และกฎการเคลื่อนที่..... 70
10	ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวินิจฉัยกับมโนทัศน์..... 78
11	ค่าความยากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1..... 80
12	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ ครั้งที่ 1..... 83
13	รายละเอียดปรับปรุงข้อสอบหลังการทดลองใช้..... 86
14	ผลการพิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวินิจฉัย..... 92
15	ค่าความยากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 2.... 94
16	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ ครั้งที่ 2..... 97
17	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น ($n = 100$)..... 100
18	ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น..... 101
19	คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ($n = 315$)..... 102
20	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น ($n = 315$)..... 102
21	ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน..... 103
22	จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก..... 104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
23	การแปลผลมโนทัศน์ของนักเรียนจากแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น..	106
24	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนประเภทต่าง ๆ.....	108
25	แสดงแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ชั้น และการแปลผล.....	147

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	7
2	แผนผังมโนทัศน์ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่.....	35
3	การกำหนดคะแนนจุดตัด.....	43
4	การผ่านเกณฑ์จากแบบทดสอบ.....	48
5	ลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น.....	61

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากผลการสอบ O-NET, GAT, PAT และ PISA วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาที่มีคะแนนเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ และจากสถานการณ์การศึกษาของประเทศไทย ที่เป็นไปในทิศทางให้นักเรียนถูกฝึกเพียงให้ท่องจำข้อมูล (สิริพัฒน์ ประโทนเทพ, 2555) รวมถึง จากระบบการวิธีการแก้ปัญหา แต่ขาดการทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้องกับโมทัศน์ ต่าง ๆ นักเรียนส่วนใหญ่เห็นความสำคัญของการสอบแข่งขันมากกว่าการสนใจทำความเข้าใจใน โมทัศน์ของเนื้อหาวิชาส่วนใหญ่มุ่งเรียนเพื่อที่จะทำให้สอบได้เท่านั้น โดยไม่สนใจกระบวนการ หรือวิธีการคิดที่ถูกต้อง บ่อยครั้งที่พบว่า นักเรียนไม่สนใจที่จะเรียนในห้องเรียน ไม่ยอมที่จะ เรียนรู้วิธีการที่ถูกต้องอย่างเป็นขั้นตอน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนคิดว่าการไปเรียนพิเศษจากสถาบัน ภายนอก จะทำให้ได้เทคนิควิธีลัดในการหาคำตอบ สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้เร็ว และประหยัด เวลาในการทำข้อสอบ ไพฑูรย์ สีนลารัตน์ (2554) แต่ทั้งหมดที่กล่าวมา กลับเป็นการเรียนที่ต้อง ท่องจำมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีได้เป็นการพัฒนาความคิดของนักเรียนแต่อย่างใด นักเรียนจึงละเลยที่จะทำ ความเข้าใจโมทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาในอนาคต โดยจะเป็นอุปสรรคในการที่จะ เรียนรู้ความรู้ขั้นสูง ดังจะเห็นได้จากนักเรียนหลายคนที่ทำคะแนนได้ดีในระดับชั้นมัธยมศึกษา แต่ไม่สามารถเรียนผ่านในระดับมหาวิทยาลัยได้ ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนเรียนใน ระดับมัธยมศึกษาเรียนรู้โดยใช้วิธีการท่องจำเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งวิธีการเรียนแบบท่องจำอาจขาด โมทัศน์ที่ถูกต้องเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจกับปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ เมื่อพิจารณา แล้วการเรียนแบบท่องจำอย่างเดียว จะเป็นปัญหาระยะยาวต่อตัวนักเรียนที่จะมีความสามารถ ในการเรียนรู้ได้อย่างจำกัดและลดลง

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นที่ประจักษ์จากผลสอบ PISA (Programme for international student assessment) ซึ่งเป็นการวัดสมรรถนะ 3 ด้าน คือ ด้านการอ่าน ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ในกลุ่มประเทศ OECD (Organization for economic co-operation and development) (สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) โดยเน้นการคิดวิเคราะห์ เน้นการคิดและหาคำอธิบาย โดยมีทั้งรูปแบบเลือกตอบและแบบเขียนตอบ คำถามเป็นปลายเปิด ซึ่งนักเรียนต้องสะท้อน ความคิดของตนออกมาเป็นคำตอบอย่างอิสระ โดยที่นักเรียนจะต้องนำความรู้ไปประยุกต์ใช้

กับชีวิตประจำวัน ซึ่งผลสอบ พบว่า คะแนนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยอยู่ที่ 421 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ที่มีคะแนนเฉลี่ย 493 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) นั่นยิ่งแสดงให้เห็นว่า ควรมีการศึกษาวิจัยหาสาเหตุที่แท้จริงของการตกต่ำของความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียน และจากผลการวิเคราะห์คะแนนทดสอบการศึกษาขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ผลการทดสอบการศึกษาขั้นพื้นฐาน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทุกวิชาระดับประเทศต่ำกว่าร้อยละ 50 จึงต้องรีบทำการพัฒนาคุณภาพการศึกษาทั้งระบบทุกจังหวัด และ เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ของคะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งประเทศวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ที่ร้อยละ 33.40 และหากพิจารณามาตรฐานการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ พบว่า คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศมีค่อนข้างต่ำอยู่ที่ร้อยละ 28.59 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2558) ซึ่งเป็นมาตรฐานการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่สาเหตุหนึ่งมาจากการที่นักเรียนส่วนใหญ่เรียนฟิสิกส์โดยการท่องจำสูตรมากกว่าการเรียนรู้ที่ถูกต้อง (สิริพัฒน์ ประโทนเทพ, 2555) ประกอบกับงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์จำนวนมาก เช่น การศึกษาของ Hançer and Durkan (2008, pp. 45-50) ที่พบว่า นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ และ ไอณิง เจ๊ะเหลาะ (2556, หน้า 5) ได้กล่าวไว้ว่า แรงเป็นปริมาณพื้นฐานที่สำคัญมากที่สุดปริมาณหนึ่งทางฟิสิกส์ หากนักเรียนไม่เข้าใจเรื่องแรงแล้ว ส่วนที่เหลือของกลศาสตร์ทั้งหมดก็ไร้ประโยชน์

ฟิสิกส์เป็นวิชาที่ว่าด้วยเรื่องของความพยายามทำความเข้าใจกับธรรมชาติ รวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา เริ่มจากการศึกษาธรรมชาติรอบตัวเรา ตั้งแต่อากาศ การเกิดพายุ ฝน ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า ดวงดาวบนท้องฟ้า รวมไปถึงเครื่องอำนวยความสะดวกในอาคารบ้านเรือน เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า เตาไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ ตลอดจนการสื่อสาร และการคมนาคมขนส่ง ตั้งแต่วิทยุ โทรทัศน์ โทรศัพท์ ดาวเทียม รถยนต์ เครื่องบิน จรวดนำวิถี คอมพิวเตอร์ หรือแม้กระทั่งงานทางการแพทย์ การทหาร อุตสาหกรรม วงการบันเทิง และการศึกษา ล้วนอาศัยความรู้ฟิสิกส์ทั้งสิ้น (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2558) ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และความรู้นี้สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการแสวงหาความรู้ใหม่เพิ่มเติม และพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นการเข้าใจฟิสิกส์เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ สิ่งใหม่ ๆ และเข้าใจเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา

มนต์ศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์มีโอกาสเกิดขึ้นได้บ่อยมากกว่าในวิชาอื่น ๆ เนื่องจากวิชาฟิสิกส์เป็นองค์ความรู้ที่เกิดจากจินตนาการที่นักฟิสิกส์สร้างขึ้นมาเพื่อให้สอดคล้องกับธรรมชาติในมุมมองทางกายภาพของสสารและพลังงาน โดยมีคณิตศาสตร์เป็นตัวยุทธานุภาพนำมาบรรยายเป็นกฎทางธรรมชาติ (Hewitt, 2015) ยกตัวอย่างเช่น กฎข้อที่หนึ่งของนิวตันที่กล่าวว่า วัตถุจะรักษาสภาวะการเคลื่อนที่โดยมีความเร็วคงที่ ซึ่งรวมวัตถุที่อยู่นิ่งและวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แม้ว่ากฎนี้จะกล่าวอย่างชัดเจนไว้แบบนี้ แต่สำหรับผู้เริ่มต้นเรียนมักคิดว่าสภาวะปกติของวัตถุ คือ การหยุดนิ่งเสมอ เพราะคุ้นเคยกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น ถ้าขว้างวัตถุใด ๆ ออกไป สุดท้ายวัตถุนั้นก็ต้องหยุดลงในที่สุด ซึ่งแนวคิดนี้เป็นของอริสโตเติล จะเห็นว่าแม้แต่นักปราชญ์ผู้ยิ่งใหญ่ที่ได้รับการยกย่องก็ยังยึดติดกับแนวคิดเช่นนี้ ทั้งนี้เพราะคนทั่ว ๆ ไปมักอาศัยประสบการณ์ในชีวิตประจำวันมากำหนดแนวคิด แต่จากกฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน พิจารณาอย่างถี่ถ้วนจะเห็นว่า มาจากจินตนาการทั้งหมด และไม่มีทางใดเลยที่สถานการณ์ตามกฎข้อที่หนึ่งของนิวตันจะเกิดขึ้นได้สมบูรณ์ร้อยเปอร์เซ็นต์ อย่างมากที่สุดก็เพียงแค่เกิดขึ้นได้ใกล้เคียงเท่านั้น เป็นเพียงตัวอย่างเพียงหนึ่งเดียว หากลองคิดจินตนาการดูก็จะเห็นว่า จินตนาการที่มาจากองค์ความรู้ทางฟิสิกส์จะมีมากมายมหาศาลเพียงใด

Serway (1996) ได้กล่าวว่า ผู้เรียนจะต้องประสบความลำบากในการเข้าถึงเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ และการถ่ายทอดแนวคิดตัวเนื้อหาวิชาเป็นการถ่ายทอดจินตนาการล้วน ๆ มากกว่าการให้จำข้อมูล อุปสรรคต่าง ๆ ทั้งหลาย ตลอดจนจนถึงการเข้าใจผิด และการมีมนต์ศน์คลาดเคลื่อนจึงเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาและในตัวเนื้อหาวิชา มีการใช้คณิตศาสตร์เป็นภาษาบรรยายเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความเข้าใจ ทำให้ผู้เรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่จำกัด มีความเสี่ยงที่จะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ ทั้งนี้รวมไปถึงทักษะต่างๆในกระบวนการให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางฟิสิกส์อื่นอีก เช่น การทำการทดลอง ซึ่งอาจจะมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในระหว่างศึกษาการทำการทดลองด้วย เป็นที่น่าสนใจเช่นกันว่า หากมีการศึกษาการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ผลจะออกมาเป็นเช่นไร บางทีอาจจะพบผลบางอย่างที่ส่งผลไปสู่ความสัมพันธ์ในการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในตัวเนื้อหาทางทฤษฎีก็เป็นได้

การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจึงมีประโยชน์ในหลายแง่ เช่น ได้เข้าใจกระบวนการคิดที่เข้าใจผิดก่อนนำไปสู่การคิดที่ถูกต้องของผู้เรียน และหากครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์มีข้อมูลของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบต่าง ๆ ไว้เป็นจำนวนมาก ย่อมสามารถนำมาปรับปรุงวิธีการสอน หรือแก้ไขข้อผิดพลาดของผู้เรียนต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี (นงนุช สุภวรรณ์, 2547) การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากองค์ความรู้ทางฟิสิกส์พื้นฐานที่มีต่อผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจนถึงนิสิตนักศึกษาชั้นปี 1 มหาวิทยาลัย จึงเป็นเรื่องที่ท้าทายอย่างยิ่ง

เพราะเกี่ยวข้องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีอยู่เป็นจำนวนมากทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศ หากมีการศึกษาอย่างถ่องแท้จะทำให้แก้ปัญหาการเรียนฟิสิกส์ที่ตกต่ำของนักเรียนทั่วไปได้เป็นอย่างมาก

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นเครื่องมือสำคัญที่จะบ่งบอกถึงลักษณะความเข้าใจผิดของนักเรียน ว่าเกิดขึ้นจากสาเหตุใด ซึ่งถ้าสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ถูกต้อง แม่นยำ ก็จะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนที่จะนำไปสู่มโนทัศน์ที่ถูกต้อง และทำลายมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในนักเรียน การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน การวินิจฉัยมโนทัศน์มีอยู่หลายวิธี เช่น การสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถาม การใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น การใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น (Wijaya, Koes & Muhardjito, 2016)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง มีนักการศึกษาหลายท่านที่ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ของนักเรียน และพบว่า การสัมภาษณ์เป็นวิธีการที่ดีที่จะได้เข้าถึงมโนทัศน์ของนักเรียน แต่วิธีการนี้จำเป็นต้องใช้เวลานานในการสัมภาษณ์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ และไม่สามารถใช้ได้กับนักเรียนที่มีจำนวนมาก แม้ว่าการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยที่มีลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัย จะสามารถช่วยแก้ปัญหา เรื่อง เวลาและจำนวนของนักเรียนที่มีจำนวนมาก แต่ในการวินิจฉัยก็ยังมีข้อบกพร่องอยู่มาก นักเรียนที่ตอบผิด จะถูกเข้าใจว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทันที (Türker, 2005) ดังนั้นจึงมีการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้นขึ้นมาเพื่อใช้ในการค้นหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Bayrak, 2013; Chandrasegarana, Treagusta & Mocerino, 2007; Mutlu & Sesen, 2014) แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบสองชั้นนั้น ในชั้นที่หนึ่งเป็นคำถามปรนัย และชั้นที่สองเป็นเหตุผลในการตอบในชั้นที่หนึ่ง อย่างไรก็ตามในแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสองชั้นก็ยังไม่สามารถแยกนักเรียนที่ขาดความรู้ออกจากนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ (Pesman, 2005) ซึ่งปัญหาดังกล่าว สามารถแก้ไขได้โดยแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น โดยที่แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นนั้น จะเพิ่มชั้นที่สามเข้าไป เพื่อที่จะเป็นการยืนยันคำตอบในสองชั้นแรก ซึ่งจะทำให้ผู้วินิจฉัยสามารถแยกนักเรียนที่ขาดความรู้ออกจากนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้ดีมากขึ้น (Kirbulut & Geban, 2014; Schaffer, 2013; Türker, 2005)

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน ตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จนถึงมัธยมศึกษาตอนปลายของนักเรียนในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก แต่หากมีการศึกษาวิจัยเรื่องนี้และทำสำเร็จจนมีปริมาณที่มากพอ ก็อาจสามารถสร้างทิศทางหรือระบบการเรียนการสอนที่ใช้ทดสอบการคิดของนักเรียนไทย ทำให้นักเรียนถูกฝึกให้เป็นคนช่างคิด คิดเป็น และคิดจนไปสู่แนวคิดที่ถูกต้องได้ การศึกษาจะถูกปฏิรูปไปสู่

ทิศทางที่ดีและเหมาะสม ได้ในที่สุด ผู้วิจัยจึงได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันขึ้น เพื่อครูผู้สอนในวิชาฟิสิกส์ จะได้นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในการเรียนการสอน ได้ตรงจุด และใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ของครูให้มีประสิทธิภาพต่อไป

คำถามการวิจัย

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่แบบสามชั้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอย่างไร สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ดีเพียงใด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
3. เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
4. เพื่อสร้างเกณฑ์และคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตการวิจัย

1. เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ จำกัดขอบเขตของการวิจัยเฉพาะเนื้อหา มโนทัศน์ เรื่อง แรง มวล กฎการเคลื่อนที่ น้ำหนัก กฎแรงดึงดูดระหว่างมวล แรงเสียดทาน การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้เท่านั้น
2. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18
3. การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ครั้งนี้ ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น โดยชั้นที่หนึ่ง

เป็นคำถาม เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ชั้นที่สอง เป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนการตอบชั้นที่หนึ่ง มี 4 ตัวเลือก และชั้นที่สามเป็นการยืนยันคำตอบในสองชั้นแรก มี 2 ตัวเลือก คือ “มั่นใจ” หรือ “ไม่มั่นใจ”

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงตามกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนนำไปสู่การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยแก้ปัญหาและพัฒนาความรู้ของนักเรียนต่อไป
3. เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องอื่น ๆ ในวิชาฟิสิกส์ต่อไป

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง การค้นหาสาเหตุ จุดบกพร่อง ปัญหา อุปสรรค ความคิดรวบยอด ความรู้ ความเข้าใจ ไม่ถูกต้อง ผิดพลาดจากความจริงที่เป็นที่ยอมรับกันในทางวิทยาศาสตร์ ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนในการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่
2. แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ หมายถึง เครื่องมือที่สร้างขึ้นมาเพื่อค้นหาจุดบกพร่อง และสาเหตุของความบกพร่องนั้น ในการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยในแบบทดสอบประกอบด้วย 3 ชั้น ชั้นที่หนึ่ง เป็นคำถาม เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ชั้นที่สอง เป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนการตอบชั้นที่หนึ่ง มี 4 ตัวเลือก และชั้นที่สาม เป็นการยืนยันคำตอบในสองชั้นแรก มี 2 ตัวเลือก คือ “มั่นใจ” หรือ “ไม่มั่นใจ”
3. มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางบวก หมายถึง นักเรียนตอบคำถามในชั้นที่หนึ่งถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องได้
4. มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ หมายถึง นักเรียนตอบคำถามชั้นที่หนึ่งผิด แต่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง
5. ความตรง หมายถึง คุณสมบัติของคะแนนที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องด้วยแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น
6. ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบฉบับเดียวกันเพียงครั้งเดียว จากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

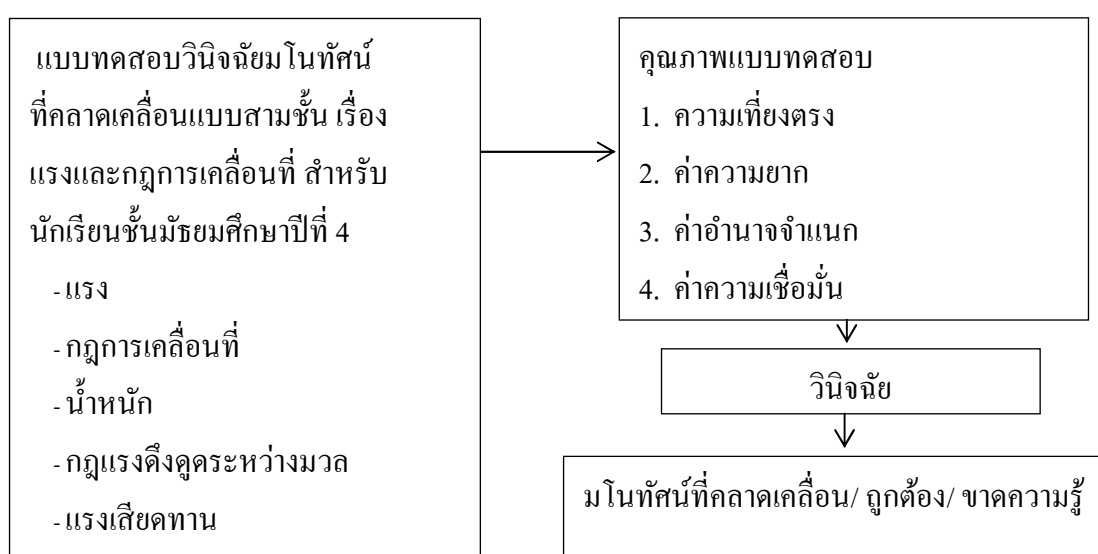
7. ความยาก หมายถึง สัดส่วนของคนที่ทำข้อสอบในแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นแต่ละข้อถูก เมื่อเทียบกับจำนวนคนเข้าสอบทั้งหมด

8. อำนาจจำแนก หมายถึง ประสิทธิภาพของข้อสอบแต่ละข้อในการแยกคนกลุ่มอ่อนและกลุ่มเก่งออกจากกันจากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

9. คะแนนจุดตัด หมายถึง เกณฑ์ผ่านและไม่ผ่านของคะแนนสอบจากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยในการวิจัยครั้งนี้มีการคำนวณหาจุดคะแนนที่แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มรอบรู้และกลุ่มไม่รอบรู้ โดยใช้วิธีการหาคะแนนจุดตัด ตามวิธีของ Angoff

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นของ Eryilmaz and Sürmeli (2002; Türker, 2005; Milenković, Hrin, Segedinac & Horvat, 2016) พบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นสามารถวินิจฉัยนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกจากนักเรียนที่ขาดความรู้ ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นเริ่มต้น โดยการศึกษาขอบเขตมโนทัศน์ สारรวมมโนทัศน์ สร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เมื่อได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพแล้วจึงนำแบบทดสอบที่มีคุณภาพดีแล้วใช้วินิจฉัยนักเรียนเพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ผู้วิจัยสามารถกำหนดเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยได้ ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบ และแนวทางในการทำวิจัย ดังนี้

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
2. แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
3. มโนทัศน์ในเรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
4. การหาคุณภาพแบบทดสอบ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ความหมายมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มาจากคำว่า Misconceptions ในภาษาอังกฤษ โดยมีผู้ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

Piaget (1992, p. 171) ได้กล่าวว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นวิธีการแก้ปัญหาด้วยความไม่รู้ หรือความรู้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งดูเหมือนจะถูกต้องแต่ไม่ถูกต้อง และไม่สอดคล้องกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์หรือการยอมรับในสังคมนั้น ๆ

Peterson and Teagust (1986, p. 25) ให้ความหมายว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นความรู้ความเข้าใจที่ได้จากประสบการณ์ส่วนตัว แต่แตกต่างไปจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์

ศิริเดช สุชีวะ (2538, หน้า 13) ได้ให้ความหมายว่า เป็นวิธีการแก้ปัญหาด้วยความรู้ความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์หรือคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงที่ได้รับการยอมรับในทางวิทยาศาสตร์หรือการยอมรับในสังคมนั้น ๆ

สุวิมล เขียวแก้ว (2540, หน้า 52) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นแนวความคิดความเชื่อในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นและอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นตามความรู้สึกของเขาเอง โดยคำอธิบายนั้นแตกต่างจากแนวความคิดที่นักวิทยาศาสตร์จะยอมรับได้

ศิริชัย กาญจนวาที (2556, หน้า 274-281) กล่าวว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นแนวคิดในเชิงนามธรรมที่เข้าใจผิด หรือเข้าใจคลาดเคลื่อนจากความถูกต้อง เกิดขึ้นได้ทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับความหมาย โมเดล และทฤษฎี

จากความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนข้างต้น สรุปได้ว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ ความรู้ความเข้าใจ หรือความคิดรวบยอดที่ผิดไปจากความจริงที่ยอมรับกันในทางวิทยาศาสตร์ หรือเป็นแนวคิดที่ต่างออกไปจากการยอมรับในสังคมนั้น ๆ ซึ่งอาจได้มาจากประสบการณ์ที่ไม่ถูกต้อง

สาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ได้มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้ สุวิมล เขียวแก้ว (2540, หน้า 55-56) ได้สรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

1. มีความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ครูสอนกับสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้ในด้านต่อไปนี้

1.1 ความรู้ความเข้าใจที่นักเรียนมีอยู่ก่อนจะเข้าสู่บทเรียนกับสิ่งที่ครูคิดว่านักเรียนมีอยู่

1.2 ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ครูต้องการให้นักเรียนสำรวจกับสิ่งที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัญหา

1.3 กิจกรรมที่ครูต้องการให้นักเรียนกับกิจกรรมที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ

1.4 ข้อสรุปของนักเรียนกับข้อสรุปของครู

2. ดำเนินแหล่งสำคัญที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพราะเป็นแหล่งที่นักเรียนใช้ศึกษาเกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด จากการที่ Cho and Nordeland (1985 อ้างถึงใน สุวิมล เขียวแก้ว, 2540, หน้า 56) ได้สำรวจหนังสือชีววิทยาที่ใช้กันมากที่สุดในสหรัฐอเมริกา จำนวน 3 เล่ม คือ BSCS Green, BSCS Yellow และ Modern Biology ได้ค้นพบว่า สาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) คือ

2.1 Conceptual organization โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดลำดับหัวข้อต่าง ๆ

2.2 ความสัมพันธ์ของแต่ละมโนทัศน์

2.3 การใช้คำศัพท์

2.4 เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

Schmidt (1987) ได้สำรวจหนังสือเคมีที่ใช้กันมากในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน เพื่อดูมโนคติเกี่ยวกับเปอร์เซ็นต์ของมวลของธาตุที่มีในสารประกอบพบมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เนื่องจากคำอธิบายเกี่ยวกับอัตราส่วนของมวล (Mass ratio) กับเปอร์เซ็นต์ของมวล

(Percentage of mass) ซึ่งอธิบายไม่ชัดเจนนักเรียนซึ่งไม่เข้าใจในจุดนี้ก็จะต้องหาคำนิยามเพื่ออธิบายตนเองซึ่งทำให้การคำนวณในเรื่องนี้ผิดพลาดไป

3. การพัฒนาแนวความคิดและสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์ ซึ่งถ้ายังไม่พัฒนาถึง Formal operational stage ก็จะทำให้ความเข้าใจกับมโนคติวิทยาศาสตร์บางมโนคติได้ยาก เช่น การคำนวณเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ นักเรียนต้องสนใจตัวแปร 3 ตัว คือ น้ำหนักของสารน้ำหนักของสารต่อโมลและจำนวนโมล นักเรียนบางคนไม่สามารถจัดการกับตัวแปร 3 ตัว ในเวลาเดียวกันได้จึงไม่สามารถที่จะทำโจทย์คำนวณเกี่ยวกับเรื่องนี้ได้ และตามทฤษฎีของเพียเจต์ เชื่อว่า ความสามารถในการสนใจกับตัวแปร 3 ตัว ในเวลาเดียวกันเป็นความสามารถของเด็กในระดับที่สามารถคิดในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้

4. ภาษา เนื่องจากมีความแตกต่างระหว่างภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันกับภาษาทางวิทยาศาสตร์ เช่น ละลาย หลอมเหลว ออกแรงแต่ไม่ได้งาน ทำงานไม่ประสบผลสำเร็จ หรือ ในภาษาวิทยาศาสตร์ “Shared electron pair” หมายถึง คู่อิเล็กตรอนอยู่ในตำแหน่งใด ๆ ระหว่างอะตอมในโมเลกุล ในภาษาอังกฤษ Share แปลว่า เป็นเจ้าของใช้ หรือ Endure jointly ดังนั้น เป็นหน้าที่ของครูที่จะชี้ให้เห็นความแตกต่างระหว่างภาษาในชีวิตประจำวันและภาษาที่เป็นบริบท (Context) ทางวิทยาศาสตร์

5. ครูหรือนักศึกษาฝึกสอนมีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนแม้กระทั่งในมโนคติพื้นฐานอาเมอร์ และทามอร์ (Amir & Tamir, 1994) พบว่า นักศึกษาฝึกสอนจะบอกว่าได้เรียนหัวข้อเหล่านี้มาแล้วและมีความเข้าใจเป็นอย่างดี ดังนั้นถ้าครูมีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนแล้วแน่นอนว่าจะถ่ายทอดความคิดนั้นสู่นักเรียนได้อย่างรวดเร็วและนักเรียนจะรับไว้อย่างมั่นคง เช่น ครูสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาอาจบอกนักเรียนว่าอะไรก็ตามที่ละลายน้ำได้เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะละลายได้ดีขึ้นเสมอ ซึ่งไม่เป็นความจริงเสมอไป

ศิริเดช สุชีวะ (2538) กล่าวว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจาก ความเชื่อตามผู้ทรงคุณวุฒิในอดีต เนื้อหาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมทำให้เกิดจินตนาการที่ผิด คำบรรยายที่เขียนไม่ชัดเจนหรือให้ความรู้ที่ไม่ถูกต้อง ปัญหาเรื่องภาษาและสัญลักษณ์ วุฒิภาวะ และพัฒนาการทางปัญญาของนักเรียน ตลอดจนตัวผู้สอนเอง

พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2557) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่ทำให้นักเรียนเกิดการสร้างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. เกิดจากความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน กล่าวคือในทุก ๆ วันนักเรียนมีโอกาสที่จะพบเจอกับประสบการณ์ต่าง ๆ มากมาย ซึ่งเมื่อนักเรียนพบเจอแล้วอาจทำให้

นักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ เช่น กบมีลิ้นที่สามารถยืดออกมาได้ยาวเหมือนในการ์ตูนของแข็งเวลาโยนลงน้ำจะจมน้ำ ดังนั้นถ้าเอาน้ำแข็งใส่น้ำก็จะจมน้ำ เป็นต้น

2. เกิดจากการทำความเข้าใจเนื้อหาที่คลาดเคลื่อน กล่าวคือในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอาจมีบางครั้งที่นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสรุปเป็นมโนทัศน์ของตนเอง แต่มโนทัศน์ที่นักเรียนสรุปนั้นอาจคลาดเคลื่อนไปจากมโนทัศน์ที่ถูกต้อง เช่น ในขณะที่นักเรียนกำลังศึกษาเรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคู่เบสใน DNA ถ้าไม่การสร้างทำความเข้าใจนักเรียนจะเข้าใจว่าเบสอะดีนีนจับเบสไทมีนด้วยพันธะคู่ เป็นต้น

3. เกิดจากการที่ครูผู้สอนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับมโนทัศน์นั้น ๆ ประเด็นนี้เป็นประเด็นที่สำคัญมาก เพราะเมื่อครูเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแล้วย่อมทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามมา เช่น ครูจัดการเรียนการสอนและบอกว่า ละอองเรณู คือ เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ของพืช

4. เกิดจากเอกสาร หรือหนังสือเรียน กล่าวคือ ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน บางครั้งครูอาจจะต้องมีการให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลจากเอกสาร หนังสือเรียน บทความทางวิชาการ ซึ่งบางครั้งการใช้ภาษาในแหล่งข้อมูลเหล่านั้นอาจทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้เช่นกัน

โดยสรุปแล้ว มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจากความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่นักเรียนเคยพบเจอในชีวิต ตลอดจนจนถึงตำราที่ใช้ในการเรียน ภาษาที่ใช้ในการสื่อสารที่ไม่ชัดเจน อาจทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่องที่ต้องการสื่อสาร หรือเกิดขึ้นจากตัวผู้สอนเองที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องที่สอน แล้วถ่ายทอดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นไปสู่นักเรียน

ผลจากการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงผลที่เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Fisher (1985, p. 34) ได้กล่าวถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพียงเรื่องเดียว หรือจำนวนหนึ่งจะขยายออกไปได้ เนื่องจากคนเรามีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่แตกต่างกันกับบุคคลจำนวนมาก
2. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะขยายวงกว้างออกไป จากเรื่องที่ย่ำไปสู่เรื่องที่ยากขึ้น และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวนไม่น้อยที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลงแก้ไข ถ้ายังคงใช้วิธีการสอนแบบเดิม

3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความเชื่ออื่น ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกันอย่างมีระบบ และทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ในชีวิตของเขาด้วย

Brown (1992, pp. 17-34) ได้กล่าวไว้ว่า มโนทัศน์พื้นฐานที่คลาดเคลื่อนจะก่อให้เกิดปัญหาในการเรียนรู้ มโนทัศน์ที่สูงขึ้นไป ซึ่ง หากผู้เรียนมีมโนทัศน์เดิมคลาดเคลื่อน ย่อมส่งผลกระทบต่อ การแก้ปัญหา การแสดงวิธีทำ และการเรียนรู้ เนื้อหาที่สูงขึ้นอีกต่อไป

ศิริเดช สุชีวะ (2538) กล่าวว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นก่อนหรือในระหว่างการเรียนรู้ โดยที่นักเรียนมักจะไม่รู้ตัวว่าตนเองมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอย่างไร และครูเองก็ไม่มีเวลาพอที่จะวินิจฉัยนักเรียนเป็นรายบุคคลได้ในทุก ๆ เนื้อหา หรือทุก ๆ ทักษะ จึงพบเสมอว่า นักเรียนหลายคนจะบ่นว่าเวลาเรียนก็เข้าใจ แต่เวลาสอบกลับสอบไม่ผ่านหรือผ่านแต่ได้คะแนนไม่ดี ทำให้หมดกำลังใจที่จะเรียนรู้และมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อวิชานั้น อันเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ มโนทัศน์ที่สูงขึ้น

ไข่มุก เลืองสุนทร (2552, หน้า 40) กล่าวว่า การที่นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จะส่งผลทำให้นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจเนื้อหาใหม่ที่เกี่ยวข้องกันหรือเนื้อหาในระดับสูงขึ้นไป นอกจากนั้นการเชื่อมโยงความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ก็จะเกิดขึ้นได้ช้าหรือไม่เกิดขึ้นเลย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความล้มเหลวในการเรียนของนักเรียนในที่สุด

โดยสรุปแล้ว ผลจากการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะทำให้นักเรียน ไม่สามารถที่จะเรียนรู้ความรู้ในระดับสูงได้ ซึ่งเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งจะทำให้เกิดข้อจำกัดในการเรียน และส่งผลให้การเรียนรู้เกิดความล้มเหลว

ลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

Fisher (1985, p. 53) ได้กล่าวถึงลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

1. เป็นมโนทัศน์ที่ขัดแย้ง แตกต่างไปจากมโนทัศน์ของผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ
2. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีแนวโน้มจะแพร่หลายออกไปจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพียงเรื่องเดียวหรือจำนวนหนึ่ง จากการพูดคุยแลกเปลี่ยนกันระหว่างบุคคล
3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหลายประเภทยากต่อการที่จะแก้ไขเปลี่ยนแปลง หรือสามารถแก้ไขได้น้อยมากหากใช้วิธีการสอนแบบเดิม
4. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางเรื่องเกี่ยวข้องกับระบบความเชื่อ โดยการนำมาเชื่อมโยงกันอย่างเป็นเหตุเป็นผลทางตรรกศาสตร์อย่างเป็นระบบแต่ไม่ถูกต้อง
5. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางอย่างเกิดมาตั้งแต่ในอดีต จากแนวคิดที่ผิดของบุคคลสำคัญในประวัติศาสตร์ ถ่ายทอดมาสู่ นักเรียน

Committee on Undergraduate Science Education (1997, pp. 27-28) ได้จำแนกรูปแบบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่สามารถเกิดขึ้นได้ขณะเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ข้อถ้อยนิยฐาน (Preconceived notions) เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากความรู้อีกนึ่กคิดจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น หลายคนเชื่อว่าน้ำที่ไหลอยู่ใต้ดิน ไหลเป็นลำน้ำ เพราะเขาได้เคยเห็นน้ำที่ไหลเป็นลำน้ำบนผิวโลก

2. ความเชื่อที่ไม่เป็นเชิงวิทยาศาสตร์ (Nonscientific beliefs) ซึ่งเป็นการเรียนรู้จากแหล่งอื่น นอกเหนือจากการศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น ศาสนา หรือตำนานต่าง ๆ ยกตัวอย่างนักเรียนบางคนได้เรียนรู้ถึงประวัติของการกำเนิดโลก จากศาสนา ซึ่งต่างจากหลักฐานที่พบทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดข้อโต้แย้งต่าง ๆ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3. ความเข้าใจผิดทางมโนทัศน์ (Conceptual misunderstanding) เกิดขึ้นกับนักเรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ไม่ได้กระตุ้นให้นักเรียนเผชิญหน้ากับสิ่งที่ผิดปกติหรือขัดแย้งกับความรู้อื่นและความเชื่อที่ไม่เป็นเชิงวิทยาศาสตร์

4. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเชิงภาษา (Vernacular misconceptions) เกิดขึ้นจากการภาษาที่ใช้ในแต่ละท้องถิ่น ที่มีความหมายไม่ตรงกันกับความหมายเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น คำว่า “งาน” ในชีวิตประจำวัน ก็จะมีมีความหมายแตกต่างจาก “งาน” ในวิชาฟิสิกส์

5. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเชิงข้อเท็จจริง (Factual misconceptions) มักจะเกิดขึ้นตอนช่วงแรกของการเรียนรู้ในวัยเด็ก และยากที่จะเปลี่ยนแปลงเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ เช่น ความคิดที่ว่าฟ้าผ่าไม่เคยผ่าลงมาที่เดิมสองครั้งติดกัน

สรุปลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนทัศน์ที่ผิดไปจากมโนทัศน์ที่ถูกต้องเป็นที่ยอมรับกันในทางวิทยาศาสตร์ ยากต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลงเกิดจากความเชื่อและประสบการณ์ในอดีตที่ผิด

การแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

Committee on Undergraduate Science Education (1997, pp. 27-28) ได้ให้แนวทางในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

1. ระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ได้
2. ให้เวทีหรือโอกาสในการพูดถกแก่นักเรียนได้เผชิญมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเอง
3. ช่วยนักเรียนให้สร้างองค์ความรู้ให้เกิดขึ้นภายในใจของนักเรียนเอง โดยมีพื้นฐานอยู่บนแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์

ไซมุก เลื่องสุนทร (2552, หน้า 43) ได้กล่าวถึงแนวทางการแก้ไขนิทสน์ที่คลาดเคลื่อนในการเรียนของนักเรียนว่า ผู้สอนควรเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักการประเมินตนเอง ด้วยการมีส่วนร่วมในกระบวนการวัดผลและประเมินผล เพื่อหามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการเรียนของตนเอง ใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่มีความหลากหลาย แล้วเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำกิจกรรมตามความสนใจจากกิจกรรมที่ครูเตรียมไว้ให้ ที่สำคัญ คือ ฝึกให้ผู้เรียนสนใจและเอาใจใส่ต่อความก้าวหน้าของตนเอง กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกว่าตนเองยังสามารถแก้ไขนิทสน์ที่คลาดเคลื่อนของตนเองได้

จากข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การแก้ไขนิทสน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นจะต้องระบุให้ได้ว่า นักเรียนมีนิทสน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องใดก่อน แล้วทำการแก้ไขนิทสน์ที่คลาดเคลื่อนนั้น โดยให้นักเรียนได้ทำการแก้ไขนิทสน์ด้วยตนเองเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ โดยมีครูคอยให้คำแนะนำอยู่บนพื้นฐานความรู้ที่ถูกต้อง

แนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัยนิทสน์ที่คลาดเคลื่อน

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยนิทสน์ที่คลาดเคลื่อน

ความหมายของการวินิจฉัยนิทสน์ที่คลาดเคลื่อน

คำว่า “การวินิจฉัย” หรือภาษาอังกฤษ ตรงกับคำว่า “Diagnose” ซึ่ง อรรถโกวิท ไชยประเสริฐ (2555, หน้า 21) ได้กล่าวว่า ส่วนใหญ่มักจะถูกใช้ในวงการแพทย์และทางด้านพฤติกรรมศาสตร์ ซึ่งมีความหมายไปในทางการศึกษาปัญหาและค้นหาสาเหตุของความเจ็บไข้ได้ป่วยของคนไข้

การวินิจฉัยนิทสน์ที่คลาดเคลื่อนหรือการวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียน ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

Singha (1974, p. 9) ได้ให้ความหมายของการวินิจฉัยนิทสน์ที่คลาดเคลื่อนว่าเป็นการสืบค้นกระบวนการที่ไม่ประสบความสำเร็จทางการศึกษาหรือทางการเรียน เพื่อหาสาเหตุแล้วพยายามหาทางแก้ไข

Kennedy (1980, p. 11) การวินิจฉัยนิทสน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นกระบวนการที่ครูผู้สอนพยายามค้นหาจุดบกพร่องของนักเรียน เพื่อที่จะให้ในการวางแผนการสอนและหาวิธีการสอนที่เหมาะสม

อัมพร ม้าคนอง (2553, หน้า 5) การวินิจฉัยการเรียน หมายถึง การค้นหาข้อบกพร่องทางการเรียนอันเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนเรียนไม่ได้ หรือทำให้นักเรียนไม่สามารถเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เกษราภรณ์ เต็งมีศรี (2549, หน้า 17) ได้สรุปว่า การวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียน ถือเป็นการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนอีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำได้จากการค้นพบจุดบกพร่องหรือปัญหาที่เกิดจากการเรียน

ศุภการณ์ สว่างเมืองวรกุล (2552, หน้า 7) ได้สรุปถึงการวินิจฉัยข้อบกพร่องว่า คือ การค้นหาสาเหตุหรือข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่ทำให้นักเรียนเกิดปัญหาหรือไม่ประสบความสำเร็จทางการเรียน

ไข่มุก เลื่องสุนทร (2552, หน้า 45) ได้สรุปความหมายของการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า หมายถึง กระบวนการสืบค้นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ทำให้นักเรียนมีปัญหาหรือไม่ประสบความสำเร็จในการเรียน

จากความหมายข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือการวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียน คือ กระบวนการในการสืบค้นหาสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเรียนไม่เข้าใจหรือสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความคิดที่ผิดไปจากความเป็นจริง ทำให้นักเรียนเกิดปัญหาในการเรียน

วิธีวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

การค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียน โดยวิธีการวินิจฉัย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงประเภทและรูปแบบของการวินิจฉัยการเรียนไว้หลาย ๆ แบบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Uderhill (1972 อ้างถึงใน ศุภการณ์ สว่างเมืองวรกุล, 2552, หน้า 9) ได้แบ่งประเภทของการวินิจฉัยออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ ประเภทแรก คือ การวินิจฉัยแบบทั่วไปเป็นการสำรวจเพื่อให้ทราบถึงความสามารถโดยทั่ว ๆ ไปของเด็ก ทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล ซึ่งเครื่องมือที่ใช้จะเป็นแบบทดสอบ ประเภทที่สอง คือ การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์เป็นการเก็บข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เพื่อให้ทราบว่านักเรียนมีจุดบกพร่องที่ใด ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ก็จะเป็นแบบทดสอบเช่นเดียวกับการวินิจฉัยทั่ว ๆ ไป และประเภทสุดท้าย คือ การวินิจฉัยแบบคลินิกเป็นการวินิจฉัยแบบละเอียดลึกซึ้งเกี่ยวกับสมรรถภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีข้อมูลแสดงให้เห็นชัดว่ามีปัญหาที่ซับซ้อน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ก็จะเป็นการใช้แบบสอบถาม การสังเกต การสัมภาษณ์ เป็นต้นและข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม เช่น ชีวิต ครอบครัว ทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ สุขภาพ อารมณ์บุคลิกภาพ เป็นต้น

ศิริเดช สุชีวะ (2538, หน้า 21) ได้กล่าวถึงวิธีวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

1. การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยการสังเกต และการสอบถามนักเรียนเป็นรายบุคคล

2. การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการแสดงวิธีทำของนักเรียนในแบบฝึกหัด หรือแบบสอบอ้อม

3. การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยแบบสอบวินิจฉัย

4. การวินิจฉัยด้วยดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนการตอบ

5. การวินิจฉัยด้วยวิธีการของทาทูโอเกะ

6. การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นของศิริเดช สุชีวะ

วดี เกลยสมัย (2538, หน้า 28-30) ได้สรุปวิธีการวินิจฉัยข้อบกพร่องจากการศึกษา เครื่องมือและวิธีการที่ใช้สำหรับวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้น สามารถสรุปได้เป็น 2 ประเภท คือ การวินิจฉัยอย่างไม่เป็นทางการ และการวินิจฉัยอย่างเป็นทางการ ซึ่งรายละเอียดของการวินิจฉัยในแต่ละประเภทนั้นได้นำเสนอไว้ ดังนี้

1. การวินิจฉัยอย่างไม่เป็นทางการ (Informal diagnostic) เป็นการใช้เทคนิควิธีการต่าง ๆ ในการหาข้อมูลเกี่ยวกับข้อบกพร่องของนักเรียน วิธีการที่ใช้ เช่น การสังเกต (Observation) และสอบถามนักเรียนเป็นรายบุคคล และการตรวจแบบฝึกหัด

2. การวินิจฉัยอย่างเป็นทางการ (Formal diagnostic) เป็นการใช้วิธีการหาข้อมูลเกี่ยวกับข้อบกพร่องของนักเรียน ด้วยวิธีการที่สร้างขึ้นมาอย่างเป็นระบบและมีแบบแผน วิธีการที่ใช้ เช่น การวินิจฉัยข้อบกพร่องด้วยแบบทดสอบวินิจฉัย การวินิจฉัยข้อบกพร่องด้วยดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบ การวินิจฉัยด้วยวิธีการของทาทูโอเกะ และการวินิจฉัยข้อบกพร่องแบบย้อนรอยกระบวนการคิดด้วยวิธีการของศิริเดช สุชีวะ

จากวิธีวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่กล่าวข้างต้นนั้น ผู้วิจัยได้สรุปวิธีวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ ดังนี้

1. วินิจฉัยโดยการสังเกตและสัมภาษณ์ผู้เรียนเป็นรายบุคคล

2. วินิจฉัยโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน การวินิจฉัยโดยวิธีนี้จะช่วยให้สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้พร้อมกันจำนวนมาก ทำให้สามารถประหยัดเวลาในการวินิจฉัย

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวินิจฉัยโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบทดสอบวินิจฉัย

ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัย (Diagnostic test)

Brown (1970, p. 225) ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่า เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับค้นหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยมุ่งที่จะทำการสอน

ซ่อมเสริมและให้การแนะแนว ซึ่งสามารถชี้ให้เห็นถึงจุดอ่อน หรือจุดบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคล ในแต่ละส่วนย่อย ๆ ของแบบทดสอบนั้น

บุญชม ศรีสะอาด (2523, หน้า 10) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยก็คือ แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อชี้ให้เห็นถึงจุดบกพร่อง หรือจุดที่เป็นปัญหาหรืออุปสรรค (Difficulty) ในการเรียนเรื่องหนึ่ง ๆ ของนักเรียนแต่ละคน ทั้งนี้เพื่อที่จะได้หาทางแก้ไขได้ตรงจุดยิ่งขึ้น อันจะทำให้สามารถช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียน บรรลุจุดประสงค์ในการเรียน หรือเกิดการเรียนได้เหมือนคนอื่น ๆ

กรมวิชาการ (2532, หน้า 2) ให้ความหมายแบบทดสอบวินิจฉัยว่า เป็นแบบสอบที่ใช้ค้นหาความบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล ผลการตอบแบบสอบถามสามารถบอกได้ว่านักเรียนบกพร่องในทักษะใด จุดใด และสาเหตุของความบกพร่องนั้น ข้อบกพร่องอาจเป็นความบกพร่องของนักเรียนหรือของครูผู้สอนก็ได้ บางโอกาสอาจเจอจุดเด่นหรือความสามารถพิเศษของผู้เรียนก็ได้ ผลการวินิจฉัยนำมาเพื่อการแก้ไขและส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ถูกต้องและตรงจุด ตลอดจนปรับปรุงการสอนของครูให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งนี้เราจะใช้แบบสอบนี้ในระหว่างการเรียนการสอนในหน่วยบทเรียนนั้น ๆ

โชติ เพชรชื่น (2544, หน้า 7) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัย คือ แบบทดสอบที่ใช้วัดเพื่อวิเคราะห์หาจุดเด่น จุดด้อยในการเรียน ตลอดจนบ่งชี้ถึงสาเหตุของความด้อยหรือความบกพร่องของนักเรียนแต่ละคน

ศิริเดช สุชีวะ (2546, หน้า 258) ให้ความหมายแบบทดสอบวินิจฉัยว่า เป็นแบบสอบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ค้นหาข้อบกพร่อง จุดอ่อน หรือจุดด้อยของผู้เรียนทั้งในทางวิชาการและทางด้านจิตใจ เพื่อแยกผู้เรียนว่ามีความสามารถดีและด้อยในเรื่องใด และหาสาเหตุว่าผู้เรียนมีผลการเรียนด้วยเนื่องมาจากเหตุใด แบบสอบวินิจฉัยนี้นอกจากจะเป็นประโยชน์ทางวิชาการแล้ว ยังใช้เป็นประโยชน์ในการตรวจสอบความผิดปกติทางร่างกายและจิตใจด้วย

วิดา ช่อน้ำ (2551, หน้า 10) แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละเนื้อหาย่อย ๆ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านั้นได้อย่างตรงจุดและเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนต่อไป

จากความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยข้างต้น สรุปได้ว่า แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการเรียนเรื่องหนึ่ง ๆ เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการหาทางแก้ไขความผิดพลาดนั้น และเป็นแนวทางในการส่งเสริมพัฒนา และปรับปรุงการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ ดังนี้
Singha (1974, pp. 200-205) ได้อธิบายถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ ดังนี้

1. มีจำนวนคำถามมากข้อและครอบคลุมจุดประสงค์ของการเรียน (Learning point)
2. ต้องมีวิเคราะห์และสรุปเนื้อหาอย่างระมัดระวัง
3. คำถามมักเป็นคำถามที่ค่อนข้างง่าย
4. ไม่จำกัดเวลาสอบ
5. จัดแยกคำถามไว้เป็นพวก ๆ ในแบบทดสอบย่อย ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มข้อสอบ
6. ที่วัดในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้โดยจะมีการวิเคราะห์คะแนนในแต่ละส่วน

ของแบบทดสอบย่อย

7. ไม่มีการสร้างเกณฑ์ปกติ เพราะแบบทดสอบต้องการที่จะค้นหาจุดอ่อนหรือจุดบกพร่องในการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล มากกว่าที่จะเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

8. แบบทดสอบวินิจฉัย ตั้งอยู่บนนิยามของการเรียนเพื่อรอบรู้

Gronlund (1967, p. 139) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ว่ามีลักษณะ ดังนี้

1. ยืดความบกพร่องในการเรียนเป็นกรอบในการวัด
2. ความบกพร่องที่จะวัดเป็นความบกพร่องเฉพาะเรื่อง
3. ข้อสอบมีลักษณะง่าย
4. ใช้ทดสอบระหว่างการเรียนการสอน
5. สร้างขึ้นเพื่อหาข้อบกพร่องในการเรียน
6. นำผลไปใช้ในการพิจารณาจัดการสอนซ่อมเสริม

บุญชม ศรีสะอาด (2523, หน้า 9-11) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ ดังนี้

1. มุ่งวัดเป็นเรื่อง ๆ หรือด้าน ๆ ไป ถ้าต้องอาศัยทักษะย่อยหลายทักษะก็อาจแบ่งเป็นแบบทดสอบย่อย วัดตามทักษะย่อย ๆ นั้น
2. มีคะแนนของแต่ละด้าน แต่ละตอน เพราะมุ่งค้นหาจุดบกพร่องในแต่ละด้าน ดังนั้นคะแนนรวมของแต่ละคนจะไม่เป็นประโยชน์ในกรณีนี้
3. มีข้อสอบหลาย ๆ ข้อ ที่วัดทักษะเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เพิ่มโอกาสทำผิดพลาดได้มากขึ้น อันจะช่วยให้สามารถจำแนกนักเรียนที่มีความบกพร่องในการเรียนเรื่องนั้น ๆ ได้อย่างเพียงพอ นั่นคือ ชี้ให้เห็นถึงจุดบกพร่องที่แท้จริงได้อย่างแจ่มชัด

4. มักเป็นแบบทดสอบระดมพลัง (Power test) โดยจะเริ่มจากข้อที่ง่าย ๆ แล้วค่อยเพิ่มความยากขึ้น และโดยส่วนรวมแล้วจะมีแนวโน้มน่าสนใจกว่าแบบทดสอบที่มุ่งสำรวจ

5. การสร้างแบบทดสอบจะสร้างจากรากฐานของการวิเคราะห์ทักษะเฉพาะที่ส่งผลให้เรียนสำเร็จ และจากการศึกษาข้อผิดพลาดหรือความบกพร่องที่มักเกิดขึ้นกับนักเรียน

6. ความเป็นมาตรฐานของแบบทดสอบอยู่ในรูปที่ว่า เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการสอบอยู่ภายใต้สภาพการณ์เดียวกัน และการให้คะแนนมีความเป็นปรนัย

โชติ เพชรชื่น (2544, หน้า 7) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจัยไว้ ดังนี้

1. มุ่งวัดความสามารถหรือทักษะในเรื่องหนึ่งเป็นการเฉพาะ
2. แบ่งเป็นส่วน ๆ หรือเป็นฉบับย่อย ๆ การแบ่งเป็นส่วนหรือฉบับย่อยขึ้นอยู่กับลักษณะความสามารถหรือทักษะแต่ละอย่าง ซึ่งมีองค์ประกอบไม่เหมือนกัน
3. จำนวนข้อสอบในแต่ละส่วน หรือในฉบับย่อยมีจำนวนข้อมากพอที่จะวัดความสามารถ หรือทักษะย่อย ได้ด้วยความมั่นใจ
4. มีเกณฑ์คะแนนขั้นต่ำไว้สำหรับเทียบ เพื่ออธิบายถึงความบกพร่องแต่ละความสามารถ และทักษะ
5. เน้นความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นสำคัญ
6. ตรวจสอบค่าตอบแยกเป็นส่วน ๆ หรือแยกแต่ละทักษะย่อยของนักเรียนเป็นรายบุคคล วิชา ชอนขำ (2551, หน้า 14) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจัยไว้ ดังนี้
 1. เป็นแบบทดสอบที่แยกออกเป็นฉบับย่อย ๆ โดยมีเป้าหมายที่จะวัดความรู้และความสามารถของนักเรียนเป็นด้าน ๆ ของแต่ละรายวิชา
 2. เนื้อหาที่ต้องการวัดจะต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ในหลักสูตร
 3. เป็นแบบทดสอบที่เน้นความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เป็นหลัก
 4. เป็นข้อสอบที่มีจำนวนข้อมาก ในแต่ละเนื้อหาที่ต้องการทดสอบ
 5. เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
 6. เป็นแบบทดสอบที่ให้เวลาเต็มที่ในการทำข้อสอบ
 7. ไม่จำเป็นต้องสร้างเกณฑ์ปกติ เพราะมีจุดมุ่งหมายเพื่อค้นหาจุดบกพร่องในการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล แต่ต้องมีเกณฑ์ขั้นต่ำที่ใช้ในการวินิจฉัยนักเรียนว่ามีความบกพร่องหรือไม่
 8. คะแนนรวมของนักเรียนแต่ละคน จะมีความสำคัญน้อยกว่าการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนรายข้อ

จากลักษณะของแบบทดสอบวินิจัยการเรียนที่กล่าวข้างต้นนั้น ผู้วิจัยได้สรุปลักษณะที่สำคัญของแบบทดสอบวินิจัยข้อบกพร่องในการเรียน ดังนี้

1. เป็นแบบทดสอบที่วัดเฉพาะเรื่องหรือวัดเป็นด้าน ๆ ไป
2. นำความบกพร่องหรือความเข้าใจผิดที่พบบ่อยในนักเรียนมาสร้างเป็นข้อสอบ
3. ลักษณะข้อสอบเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย เน้นความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
4. ไม่จำกัดเวลาในการทำข้อสอบ
5. ไม่มีการสร้างเกณฑ์ปกติ เพราะแบบทดสอบต้องการที่จะจุดบกพร่องในการเรียน

ของนักเรียนเป็นรายบุคคล

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย

ในการสร้างแบบทดสอบเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ที่ใช้ค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนว่า มีความบกพร่อง หรือมีจุดอ่อนในด้านใด ได้มีนักการศึกษาได้เสนอแนวทางและวิธีการสร้างแบบทดสอบเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ดังนี้ คือ

Singha (1974, pp. 201-202) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยว่า มีลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

1. ในกรณีที่สร้างเป็นปรนัยชนิดเลือกตอบหรือแบบตอบสั้น ๆ ควรจะมีจำนวนมากข้อ เพื่อที่จะครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้ที่จะทดสอบ
2. ไม่จำเป็นต้องสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Blue-print) ทั้งนี้เพราะไม่ต้องการหาความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาและวิธีการ
3. ไม่ต้องสร้างเกณฑ์ปกติในการวินิจฉัย เพราะจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบเพื่อค้นหาจุดบกพร่องและสาเหตุมากกว่าจะเป็นการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์
4. แบบทดสอบวินิจฉัยจะสร้างข้อสอบตามเนื้อหา คือเอาข้อความที่อยู่ในเนื้อหาเดียวกันเข้าไว้ด้วยกัน โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความยาก

บุญชม ศรีสะอาด (2523, หน้า 10-12) ได้กล่าวถึงข้อควรคำนึงถึงในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนไว้ ดังนี้

1. การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนจะต้องครอบคลุมจุดประสงค์ในการเรียน และทักษะพื้นฐานทุกด้าน
2. แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนสามารถใช้ค้นหาจุดอ่อนของการเรียนได้ และสามารถชี้ให้เห็นชนิดของความผิดพลาดได้
3. ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียน สามารถใช้ประกอบการวินิจฉัยอุปสรรคหรือปัญหาของนักเรียนได้
4. เรียบเรียงข้อสอบไว้เป็นด้าน ๆ เพื่อสะดวกในการวินิจฉัย โดยในแต่ละด้านควรมีข้อสอบซึ่งค่อนข้างง่ายไม่น้อยกว่า 3 ข้อ

5. ตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบ แล้วนำไปใช้เพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบให้มีประสิทธิภาพ

ทาตชูโอเกะ และคณะ (อ้างถึงใน ศิริเดช สุชีวะ, 2538, หน้า 31) ได้พัฒนาวิธีการสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดย

1. สำรวจและวิเคราะห์แบบการคิดผิด ที่เป็นไปได้ทั้งหมดในเนื้อหา
2. สร้างข้อสอบให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. รวบรวมเป็นแบบสอบปลายเปิดชนิดเติมคำตอบ
4. กำหนดหาคำตอบด้วยแบบการคิดที่ผิดที่ละแบบ
5. นำแบบทดสอบไปให้นักเรียนทำ
6. เปรียบเทียบแบบแผนคะแนนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบกับแบบแผนคะแนน

การคิด

อุไรวรรณ ทศนบุตร (2523, หน้า 20-22) ได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบสามารถแบ่งได้เป็น 6 ชั้น ดังนี้

1. สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจเป็นแบบทดสอบชนิดเติมคำตอบ
2. ดำเนินการสอบเพื่อปรับปรุง และหาคุณภาพของแบบทดสอบเพื่อสำรวจ
3. นำแบบทดสอบเพื่อสำรวจไปทดสอบเพื่อรวบรวมคำตอบผิดของนักเรียน
4. วิเคราะห์คำตอบผิด เพื่อหาสาเหตุของการตอบผิด
5. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัย โดยดัดแปลงแบบทดสอบเพื่อสำรวจให้เป็นแบบทดสอบ

ชนิดเลือกตอบ และใช้คำตอบผิด ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ตอบเป็นตัวลวง

6. ทดสอบเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

ศิริเดช สุชีวะ (2538, หน้า 6) ได้พัฒนาวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยการ “ย้อนรอยกระบวนการคิด” ซึ่งวิธีการนี้สามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดต่าง ๆ ของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของทาตชูโอเกะที่ไม่สามารถจำแนกแบบการคิดที่ให้แบบแผนคะแนนการตอบเหมือนกันได้ และไม่สามารถจำแนกนักเรียนที่ตอบผิดหมดทุกข้อได้ว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบใด โดยมีวิธีการสร้างคล้ายคลึงกับการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของทาตชูโอเกะ

1. สำรวจและวิเคราะห์แบบการคิดผิด ที่เป็นไปได้ทั้งหมดในเนื้อหา
2. สร้างข้อสอบให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. รวบรวมเป็นแบบสอบปลายเปิดชนิดเติมคำตอบ
4. กำหนดหาคำตอบด้วยแบบการคิดที่ผิดที่ละแบบ

5. นำแบบทดสอบไปให้นักเรียนทำ

6. วิจัยนัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยการเปรียบเทียบชุดคำตอบของนักเรียนกับชุดคำตอบของแบบคิดต่าง ๆ

โชติ เพชรชื่น (2544, หน้า 7) ได้กล่าวถึงการดำเนินสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสามารถหรือทักษะที่เป็นองค์ประกอบย่อยความสามารถที่เป็นจุดประสงค์ของหลักสูตรรายวิชา
2. กำหนดจุดประสงค์ในการวัดและลักษณะเฉพาะข้อสอบ
3. สร้างคำถามที่วัดความสามารถหรือทักษะย่อยเหล่านี้ ให้ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหา มีจำนวนข้อคำถามเพียงพอที่จะอธิบายถึงความบกพร่องหรือจุดด้อยของนักเรียนได้
4. ทดลองใช้และนำผลวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงคำถาม
5. ตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ
6. สร้างเกณฑ์การบรรจุจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อเปรียบเทียบ
7. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบ

วิศา ช่อน้ำ (2551, หน้า 35) ได้สรุปเทคนิคการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ ดังนี้

1. วิเคราะห์ทักษะตามมาตรฐานการเรียนรู้หรือสาระสำคัญที่ต้องการทดสอบ
 2. แบ่งทักษะเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ ตามมาตรฐานการเรียนรู้หรือสาระสำคัญ
 3. กำหนดตัวบ่งชี้ทักษะความสามารถให้ครอบคลุมตามมาตรฐานการเรียนรู้หรือสาระสำคัญ
 4. สร้างแบบทดสอบสำรวจตามตัวบ่งชี้ทักษะความสามารถ มีจำนวนข้อคำถามเพียงพอที่จะอธิบายถึงความบกพร่องหรือจุดด้อยของนักเรียนได้
 5. นำไปทดสอบแล้วนำผลการตอบผิดมาสร้างเป็นตัวเลือกของแบบทดสอบวินิจฉัยต่อไป
 6. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยโดยใช้ข้อคำถามจากแบบทดสอบสำรวจและสร้างตัวเลือกจากคำตอบที่รวบรวมจากการตอบผิดของนักเรียน
 7. นำไปทดสอบแล้วนำผลมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงและหาคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น
 8. วิเคราะห์หาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียน
 9. จัดพิมพ์แบบทดสอบและคู่มือดำเนินการสอน
- จากการสร้างแบบทดสอบเพื่อวินิจฉัยนัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ที่กล่าวข้างต้นนั้น ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยนัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการเรียน ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร โครงสร้างรายวิชา แบบเรียน คู่มือครู ตำรา เพื่อวิเคราะห์เนื้อหา
2. สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มักพบในนักเรียน
3. สร้างแบบสำรวจวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
4. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้และนำผลวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงคำถาม นำผลการตอบ
ผิดมาสร้างเป็นตัวเลือกของแบบทดสอบวินิจฉัย
5. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
6. นำไปทดสอบแล้วนำผลมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงและหาคุณภาพของแบบทดสอบ
ที่สร้างขึ้น
7. วิเคราะห์หาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียน
8. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบ

ข้อดีและประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัย

การเรียนรู้ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาเป็นรากฐานก้าวสู่ความรู้ระดับสูงขึ้นไปในระดับมหาวิทยาลัย หากนักเรียนมีพื้นฐานความรู้ที่ดีและเป็นความรู้ที่ถูกต้อง ปราศจากข้อบกพร่อง และมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแล้วนั้น ย่อมส่งผลดีต่อตัวนักเรียนเองแน่นอน และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจำเป็นต้องทราบข้อบกพร่องหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งหากทราบข้อบกพร่องดังกล่าวแล้วก็จะสามารถนำไปสู่การออกเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความรู้ของนักเรียนยิ่งขึ้นไป และเป็นไปได้เมื่อมีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนออกมาได้ถูกต้องและแม่นยำ ก็จะช่วยในการสร้างหลักสูตรการศึกษาในระดับนโยบาย ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมาก เพราะหากในหลักสูตรการศึกษามีการบรรจุการเรียนการสอนที่จะช่วยจัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนและลบจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนได้แล้วจะส่งผลดีตามมาอย่างมาก และในการวัดผลระดับชาติคะแนนการศึกษาของประเทศไทยก็น่าจะมีอันดับที่สูงขึ้น

Lindquist (1963, p. 37 อ้างถึงใน ธัชวินทร์ ยิ้มละมัย, 2557, หน้า 21) กล่าวถึงข้อดีของแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนสรุปได้ว่า

1. สามารถวิเคราะห์ข้อบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนได้ละเอียดกว่าวิธีการอื่น ๆ
2. ช่วยให้ครูได้ทราบถึงองค์ประกอบที่สำคัญ ลำดับขั้นที่จำเป็น ตลอดจนอุปสรรค
ในการเรียนการสอน
3. ประหยัดเวลาและแรงงานของครูในการวินิจฉัย ทำให้มีเวลาจัดซ่อมเสริมเป็นรายบุคคลได้มากขึ้น

4. ช่วยให้นักเรียนทราบว่าตนเองต้องเรียนอะไรเพิ่มเติมจากการปรับปรุงข้อบกพร่องที่สำคัญของตนเอง

5. ประหยัดเวลาของครูในการจัดหรือเตรียมการซ่อมเสริมและช่วยในการปรับปรุงการเรียนการสอน

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

1. ช่วยให้นักเรียนรู้ข้อบกพร่องของตนเองโดยดูคะแนนผลการสอบแต่ละส่วนว่ามีส่วนไหนบ้างที่ได้คะแนนน้อยกว่าปกติ หรือต่ำกว่าคะแนนเกณฑ์ เมื่อรู้ข้อบกพร่องหรือจุดด้อยแล้ว ก็จะได้ปรับปรุงหรือฟื้นฟูความรู้ความเข้าใจหรือฝึกทักษะในเรื่องนั้น ๆ เป็นการเฉพาะเป็นการแก้ปัญหาในส่วนของตัวเองบางคนอาจมีข้อบกพร่องเพียงจุดเดียว ด้านเดียว แต่บางคนอาจบกพร่องหลาย ๆ จุด หลาย ๆ ด้าน ก็ได้ไม่เท่ากัน

2. ครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาสามารถช่วยเหลือนักเรียนได้ตรงจุด ทำให้ปัญหาของนักเรียนหมดไปโดยเร็วเป็นการประหยัดเวลา นอกจากนั้นยังต้องตระหนักว่าวิธีการสอนที่เคยใช้มาก่อนอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้สอนเสริม ควรแสวงหาหรือเลือกวิธีสอนใหม่ ซึ่งแตกต่างไปจากวิธีการสอนแบบเดิมที่เคยใช้สอนเรื่องนั้น ๆ มาก่อนแล้ว

3. ผู้บริหารโรงเรียนสามารถจัดการ สนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้แก่ครูผู้สอนหรือครูที่ปรึกษา ตลอดจนทั้งตัวนักเรียนเองได้ตรงประเด็นหรือตรงความต้องการ ผลที่เกิดขึ้นก็คือ ผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของหลักสูตร

วิศา ช่อน้ำ (2551, หน้า 18) สรุปประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยได้ ดังนี้

1. แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่ครูใช้ในการค้นหาจุดบกพร่องการเรียนของนักเรียนในแต่ละเนื้อหาย่อย ๆ ว่านักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาการเรียนในแต่ละตอน

2. เป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เกิดจากความบกพร่องของตัวครูผู้สอน

3. ผู้เรียนสามารถประเมินตนเองได้ถึงจุดบกพร่องในการเข้าใจเนื้อหาเพื่อทำความเข้าใจในเนื้อหาอีกครั้ง และทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน เตรียมพร้อมในการเรียนอยู่เสมอ

จากข้อดีและประโยชน์ของแบบทดสอบวินิจฉัยที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสามารถช่วยให้ครูสามารถทราบถึงข้อบกพร่องของนักเรียนได้ และสามารถประหยัดเวลาในการวินิจฉัยนักเรียนเป็นรายบุคคลได้ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการเรียนการสอนในห้องเรียนที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการเรียนรู้

แบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ ดังนี้

Schaffer (2013, pp. 21-23) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้นว่า แบบทดสอบวินิจฉัยชั้นเดียวมักมีลักษณะของแบบทดสอบเป็นข้อสอบปรนัย ซึ่งต่างจากแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้นที่นักเรียนจะต้องเลือกเหตุผลในการตอบด้วย ว่าเพราะเหตุใดถึงเลือกคำตอบข้อนั้น แบบทดสอบวินิจฉัยแตกต่างจากข้อสอบปรนัยที่ใช้ในการสอบในห้องเรียนโดยทั่วไป โดยที่แบบทดสอบวินิจฉัยนั้นได้ผ่านการวิจัย การพัฒนา หามโนทัศน์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และนำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมาเป็นตัวลงในแบบทดสอบวินิจฉัย ดังนั้น การระบุระดับความเข้าใจของนักเรียน และการให้เหตุผลว่า เหตุใดถึงเลือกคำตอบนั้นจะช่วยให้ผู้วินิจฉัยรู้ระดับความเข้าใจของนักเรียน เพราะบางครั้งนักเรียนอาจจะรู้คำตอบที่ถูกต้องแต่เป็นไปได้นักเรียนอาจเข้าใจเนื้อหาอันได้ไม่สมบูรณ์

Milenkovic et al. (2016, p. 1515) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นเป็นที่นิยมและแพร่หลายมาก ในส่วนแรกของแบบทดสอบจะเป็นประเด็นคำถามที่เป็นปัญหา ส่วนที่สองจะเป็นเหตุผลในการอธิบายปัญหาในส่วนแรก ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยนี้แตกต่างจากข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ 1 ใน 4 เป็นคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งความน่าจะเป็นในการคาดเดาคำตอบที่ถูกต้อง คิดเป็น 25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในแบบวินิจฉัยแบบสองชั้น การคาดเดาคำตอบที่ถูกต้องจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นไม่เพียงแต่ช่วยในการค้นหาหามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเท่านั้น แต่ยังช่วยค้นหาเหตุของความเข้าใจผิดนั้นด้วย นอกจากนี้แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นยังเหมาะสมสำหรับการวินิจฉัยนักเรียนจำนวนมาก เพราะมีรูปแบบการใช้งานที่ง่าย และใช้เวลาไม่มากในการวินิจฉัย

Kutluay (2005, p. 14) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นว่าจะเป็นการเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลในการตอบในชั้นที่สอง โครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้นไว้ดังนี้ ชั้นที่หนึ่งเป็นเนื้อหาที่ประกอบไปด้วยคำถาม 3-4 ตัวเลือก ชั้นที่สอง ประกอบไปด้วยเหตุผล 4 ตัวเลือก ที่เป็นเหตุผลในการตอบในชั้นแรก โดยจะมีเหตุผลในการตอบชั้นแรก ที่ถูกต้องอยู่ 1 ตัวเลือก และเหลืออีก 3 ตัวเลือกนั้น เป็นตัวลวง และในชั้นที่สองนี้ สามารถเว้นช่องว่างให้นักเรียนเขียนเหตุผลของตนเองที่ใช้ในการตอบชั้นแรก หากในตัวเลือกนั้นไม่มีเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการตอบ

จากข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยที่มี 2 ส่วน โดยส่วนแรกจะเป็นคำถามปรนัย ในส่วนที่สองจะเป็นส่วนของการแสดงเหตุผลที่มาสสนับสนุนการตอบในส่วนแรก ในส่วนที่สองก็มีลักษณะเป็นตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ เช่นเดียวกับส่วนแรก และอาจจะมีช่องว่างไว้ให้นักเรียนเขียนเหตุผลเพิ่มเติมก็ได้

การสร้างแบบทดสอบวินิจัยสองชั้น

ในการสร้างแบบทดสอบวินิจัยแบบสองชั้น ที่ใช้ค้นหาข้อบกพร่องที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนว่ามีความบกพร่องหรือความเข้าใจในมโนทัศน์ด้านใด ได้มีนักการศึกษาได้เสนอแนวทางและวิธีการสร้างแบบทดสอบเพื่อวินิจัยสองชั้นไว้ดังนี้ คือ

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

1. กำหนดขอบเขตเนื้อหาที่ต้องการวินิจัย
2. สรุวมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนโดยใช้แบบสอบถามปลายเปิด
3. วิเคราะห์คำตอบของนักเรียน และสัมภาษณ์นักเรียนบางคนเพื่อความชัดเจน
4. สร้างแบบทดสอบวินิจัยสองชั้น จากคำตอบที่นักเรียนส่วนมากตอบผิดจาก

แบบสำรวจมโนทัศน์

Kutluay (2005, p. 15) ได้สรุปวิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจัยสองชั้นไว้ ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตเนื้อหา
2. ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
3. หามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยการสัมภาษณ์
4. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบปรนัย และเว้นที่ว่างให้นักเรียนเขียนแสดงเหตุผล

ในการตอบ

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

ข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจัยสองชั้น

แบบทดสอบวินิจัยแบบสองชั้น ถึงแม้จะมีประโยชน์มากในการช่วยวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แต่ได้มีนักการศึกษาหลายคนได้กล่าวถึงข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจัยสองชั้นไว้ ดังนี้

Milenkovic et al. (2016, p. 1515) แบบทดสอบวินิจัยสองชั้นแม้จะมีข้อดีอยู่มาก แต่ยังมีข้อจำกัดอยู่ คือ ในการวินิจัยของแบบทดสอบสองชั้นนั้น ไม่สามารถแยกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจผิด หรือนักเรียนยังขาดความรู้ในเรื่องนั้น รวมไปถึงการตอบถูกเพราะความเข้าใจหรือตอบถูกเพราะการคาดเดา

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

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

จากข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้น มีข้อจำกัดในการวินิจฉัย คือ ไม่สามารถที่จะแยกระหว่างนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและนักเรียนที่ขาดความรู้ออกจากกันได้

แบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น

ในการค้นหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยนั้น ได้มีนักการศึกษา กล่าวถึงแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น ไว้ดังนี้

Eryilmaz and Sürmeli (2002) ได้พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น เรื่องความร้อนและอุณหภูมิ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้กล่าวว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมาจากแนวคิด ประสบการณ์เดิมที่ขัดแย้งกับความจริงทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นความผิดพลาดจากการตีความ แต่ทั้งหมดของความผิดพลาดก็อาจไม่ใช่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพราะว่าบางข้อผิดพลาดเกิดจากประสบการณ์เดิม ซึ่งไม่ได้เกิดจากการขาดความรู้ ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยแบบปรนัยไม่สามารถที่จะวินิจฉัยได้ ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้นจึงมีความสำคัญมากในการวินิจฉัย การวินิจฉัยชั้นแรก เป็นแบบทดสอบปรนัย ชั้นที่สองเป็นการเลือกเหตุผลในการตอบชั้นที่หนึ่ง และสุดท้ายการวินิจฉัยชั้นที่สาม เป็นการแสดงว่ามั่นใจในการตอบชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง

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

หากนักเรียนมีระดับความเชื่อมั่นต่ำในแนวคิดที่ผิด ก็ง่ายที่จะเปลี่ยนแนวคิดที่ผิดของนักเรียนให้ถูกต้อง

Milenković et al. (2016, p. 1515) แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น ในแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นจะเป็นการให้ความมั่นใจในคำตอบของนักเรียน กล่าวคือ ถ้านักเรียนตอบถูกในสองชั้นแรก และแสดงความมั่นใจในการตอบในชั้นที่สาม นั่นความหมายว่า นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับโน้ตศัณ្ទ์นั้น แต่ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบในชั้นที่หนึ่ง และชั้นที่สอง ก็สามารถสรุปได้ว่าคำตอบที่ถูกต้องนั้นมาจากการคาดเดา ในทางกลับกันถ้านักเรียนตอบผิดในชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง หรือตอบถูกเพียงแค่ชั้นเดียว แต่นักเรียนแสดงว่ามั่นใจในชั้นที่สาม นั่นหมายความว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในมโนทัศน์นั้น อีกประการหนึ่ง คำตอบที่ผิดนั้นอาจส่งผลมาจากการขาดความรู้ของนักเรียน แบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้นนี้จะช่วยลดจำนวนของนักเรียนที่ถูกระบุว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เช่นเดียวกับนักเรียนที่ถูกระบุว่าขาดความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นจะมีการเพิ่มความมั่นใจในการตอบคำถามและการให้เหตุผลจากชั้นที่หนึ่ง และชั้นที่สอง ซึ่งจะทำการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หรือนั่นเป็นผลที่เกิดมาจากการขาดความรู้ของนักเรียน

โครงสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงโครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้นไว้ ดังนี้

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

1. ชั้นที่หนึ่ง ส่วนของคำถามและตัวเลือกตอบ เป็นเหมือนการทดสอบแบบดั้งเดิม มีคำถาม และตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ อาจมีรูปภาพประกอบด้วยก็ได้
2. ชั้นที่สอง เป็นส่วนของเหตุผล ซึ่งมีหลายตัวเลือกให้นักเรียนเลือกเหตุผลในการตอบในชั้นที่หนึ่ง หนึ่งในตัวเลือกจะเป็นเหตุผลที่ถูกต้องสำหรับเหตุผลในการตอบชั้นที่หนึ่ง
3. ชั้นที่สาม เป็นส่วนของระดับความมั่นใจในการตอบ นักเรียนสามารถตอบว่ามั่นใจหรือไม่มั่นใจ ในการตอบคำถามในชั้นที่หนึ่งและสอง

Buzzo and Montecinos (2014, p. 5) ได้กล่าวถึงโครงสร้างแบบทดสอบสามชั้นว่า

1. คำถามและตัวเลือกคำตอบ ทำตามแบบทดสอบแบบดั้งเดิม มีคำถาม มีรูปภาพประกอบ และมีตัวเลือกตอบ ในการสร้างตัวเลือกควรสร้างจากมโนทัศน์หรือแนวความคิดผิดของนักเรียนที่ได้จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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 และเหตุผลที่เป็นตัวลวงซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์ และแบบสอบถามปลายเปิด และมีพื้นที่ว่างไว้สำหรับนักเรียน ที่มีเหตุผลอื่นนอกเหนือจากตัวเลือกที่กำหนดให้

3. ชั้นที่สาม นักเรียนต้องระบุความมั่นใจในการตอบคำถามในสองชั้นแรก

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

1. ชั้นแรก เป็นคำถามปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น ในขณะที่สามคำตอบที่เหลือเป็นตัวลวง

2. ชั้นที่สอง จะมีคำตอบ 4 คำตอบ สำหรับเหตุผลในการตอบชั้นแรก และมีเพียงคำตอบเดียวที่เป็นคำตอบที่เป็นเหตุผลที่ถูกต้อง และตัวลวงที่เหลือจะเป็นคำอธิบายของตัวลวงในชั้นแรก

3. ชั้นที่สาม เป็นคำถามที่แสดงความมั่นใจในการตอบมั่นใจ/ ไม่มั่นใจ

สำหรับการให้คะแนนในแต่ละชั้น 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 ตอบไม่มั่นใจ ได้ 0 คะแนน

คะแนนชั้นแรกและชั้นที่สอง ตอบถูกทั้งสองชั้น ได้ 1 คะแนน ตอบผิดชั้นใดชั้นหนึ่ง หรือผิดทั้งสองชั้น ได้ 0 คะแนน

คะแนนทั้งสามชั้น ตอบถูกในชั้นแรกและชั้นที่สอง และในชั้นที่สามตอบ มั่นใจ ได้ 1 คะแนน นอกจากนั้น ได้ 0 คะแนน

จากการคิดคะแนนที่นักเรียนได้ในแต่ละข้อ ถ้านักเรียนตอบถูกในชั้นแรกและชั้นที่สอง และในชั้นที่สามนักเรียนตอบมั่นใจ สรุปได้ว่า นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ถูกต้อง ถ้านักเรียนตอบถูกในชั้นแรก แต่ตอบผิดในชั้นที่สอง และตอบมั่นใจในชั้นที่สาม จะสันนิษฐานว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มีความเข้าใจผิดทางบวก ในขณะเดียวกัน

เมื่อนักเรียนตอบผิดในชั้นแรก แต่ตอบถูกมีเหตุผลที่ถูกต้องในชั้นที่สอง และตอบมั่นใจ ในชั้นที่สาม นักเรียนอาจมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และมีความเข้าใจผิดทางลบ เราจะสามารถวินิจฉัยได้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาด ถ้าชั้นแรกและชั้นที่สองนักเรียนตอบผิด และในชั้นที่สามนักเรียนตอบว่ามั่นใจ และเป็นไปได้สำหรับนักเรียนที่ตอบสองชั้นแรกถูก แต่ไม่มั่นใจในชั้นที่สามว่าส่วนใหญ่มาจากการคาดเดา หรือมาจากการขาดความมั่นใจ แต่สำหรับแนวการตอบ ถูกต้อง-ไม่ถูกต้อง-ไม่มั่นใจ, ไม่ถูกต้อง-ถูกต้อง-ไม่มั่นใจ, ไม่ถูกต้อง-ไม่ถูกต้อง-ไม่มั่นใจ นั้นบ่งบอกว่านักเรียนขาดความรู้

จากข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า โครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น ประกอบไปด้วย 3 ส่วน โดยที่ส่วนแรกจะเป็นข้อสอบแบบปรนัยที่มีคำตอบให้เลือกถูกหรือผิด ส่วนที่สองจะเป็นส่วนของการให้เหตุผลในการตอบส่วนแรก และส่วนที่สามเป็นส่วนที่แสดงความมั่นใจในการตอบ

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้มีนักวิชาการกล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามไว้ ดังนี้

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

1. กำหนดเนื้อหา
2. ตำรวมมโนทัศน์ของนักเรียน
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 แล้วจึงนำมโนทัศน์ที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ และจากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ไปสร้างเป็นแบบสอบถามปลายเปิด โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และขั้นตอนสุดท้าย คือ การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น โดยการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบปลายเปิด แล้วนำมาทำเป็น

คำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น โดยชั้นแรกเป็นคำถามปรนัย ชั้นที่สองเป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนการตอบชั้นแรก และชั้นที่สามเป็นชั้นที่ให้นักเรียนแสดงความมั่นใจในการตอบ เมื่อดำเนินการสร้างเสร็จแล้วจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาดูตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และตรวจสอบความสอดคล้องกันของแบบทดสอบชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาเคมี หลังจากปรับแก้ไขตามผู้เชี่ยวชาญแล้ว จึงนำแบบทดสอบวินิจฉัยไปใช้

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

1. ขั้นตอนที่หนึ่ง การระบุเนื้อหา ขอบเขตของการวินิจฉัย
2. ขั้นตอนที่สอง ศึกษาวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวความคิดของ

นักเรียน

3. ขั้นตอนที่สาม การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการวินิจฉัยโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบสามชั้น ซึ่งสามารถสรุปการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้นได้ ดังนี้

1. กำหนดมโนทัศน์ที่ต้องการวินิจฉัย โดยการศึกษาแบบเรียน คู่มือครู ตำรา เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและมโนทัศน์
2. สรุวมโนทัศน์ของนักเรียน โดยการสร้างแบบสรุวมโนทัศน์เป็นแบบทดสอบแบบเขียนแสดงคำตอบ พร้อมบอกเหตุผลประกอบการตอบ หรือแสดงวิธีคิด และสัมภาษณ์นักเรียน รวมถึงครูผู้สอนถึงมโนทัศน์ที่มักจะพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน
3. นำมโนทัศน์ที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนที่พบมากในการสำรวจมาสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย

มโนทัศน์ในเรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กำหนดสาระสำคัญและมโนทัศน์ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ไว้ดังนี้

1. แรงทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ หน่วยของแรงในระบบเอสไอ คือ นิวตัน แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ การหาแรงลัพธ์ใช้วิธีการเดียวกันกับการหาเวกเตอร์ลัพธ์
2. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุมกัน อาจทำได้โดยการสร้างรูป หรือการคำนวณ
 - 2.1 การหาแรงลัพธ์โดยการสร้างรูป โดยเขียนลูกศรแทนขนาดและทิศทางของแรงตามมาตราส่วนที่กำหนดเพื่อหาแรงลัพธ์ 2 แบบ คือ การสร้างรูปสามเหลี่ยม และการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

2.1.1 การสร้างรูปสามเหลี่ยม ทำได้โดยนำปลายลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่งแล้วลากเส้นจากปลายลูกศรของแรงแรกไปยังหัวลูกศรของแรงที่สอง จะได้แรงลัพธ์

2.1.2 การสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ทำได้โดยนำปลายลูกศรของแรงทั้งสองต่อกันแล้ว ลากเส้นจากหัวลูกศรของแรงทั้งสองขนานกับแนวแรงอีกแรงหนึ่ง ได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน จากนั้นลากเส้นทแยงมุมจากปลายลูกศรของแรงทั้งสองไปยังจุดที่มุมตรงข้ามจะได้แรงลัพธ์

2.2 การหาแรงลัพธ์โดยการคำนวณ โดยแยกแรงแต่ละแรงเป็นแรงย่อยในแนวแกน x และในแนวแกน y แล้วหาแรงลัพธ์ทางแกน x เป็น $F_x = F_{1x} + F_{2x}$ และแรงลัพธ์ในแนวแกน y เป็น $F_y = F_{1y} + F_{2y}$ จากนั้น หาขนาดและทิศทางจาก

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \text{ และ } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{F_y}{F_x} \right)$$

3. กฎการเคลื่อนที่ เป็นกฎที่ใช้อธิบายเกี่ยวกับสภาพการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ประกอบด้วย กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 3 ข้อ

3.1 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน กล่าวว่า วัตถุคงสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ มีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ $\sum \vec{F} = 0$ (เมื่อ \vec{F} เป็นแรงลัพธ์กระทำ) กฎข้อนี้มีอีกชื่อหนึ่ง คือ กฎของความเฉื่อย คือ เฉื่อยต่อการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่

3.2 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน กล่าวว่า เมื่อมีแรงลัพธ์ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ และขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ เขียนในรูปสมการเวกเตอร์ได้เป็น $\vec{F} = m\vec{a}$ เมื่อ \vec{F} เป็นแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมวล m ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง \vec{a})

3.3 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน กล่าวว่า ทุกแรงกิริยาจะต้องมีแรงปฏิกิริยา ที่มีขนาดเท่ากันและทิศทางตรงข้ามเสมอ แรงทั้งสองนี้ คือ แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา เขียนในรูปสมการเวกเตอร์ได้เป็น $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ เมื่อ $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ เป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา

4. น้ำหนักของวัตถุ คือ แรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อวัตถุ เขียนน้ำหนักของวัตถุมวล m ได้เป็น $\vec{W} = m\vec{g}$ น้ำหนักเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับความเร่งโน้มถ่วงและมีหน่วยนิวตัน ในบริเวณเดียวกัน g เพาะเท่ากัน อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัตถุทั้งสอง

$$\text{เป็นไปตามสมการ } \frac{W_1}{W_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

5. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน กล่าวว่า วัตถุทั้งหลายในเอกภพจะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน โดยขนาดของแรงดึงดูดระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ จะแปรผกผันกับผลคูณระหว่างมวลวัตถุทั้งสอง และแปรผกผันกับกำลังสองระยะทางระหว่างวัตถุทั้งสอง เป็นไปตามสมการ

$$F_G = \frac{Gm_1m_2}{R^2} \text{ เมื่อ } m_1, m_2 \text{ เป็นมวลของวัตถุสองก้อนซึ่งอยู่ห่างกันเป็นระยะทาง } R \text{ และ } F_G$$

เป็นแรงดึงดูดระหว่างมวล m_1, m_2 หรือเรียกแรงโน้มถ่วงระหว่างมวล m_1, m_2

5.1 สนามโน้มถ่วง ทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อมวลของวัตถุทั้งหลาย แรงดึงดูดนี้เรียกว่า แรงโน้มถ่วง สนามโน้มถ่วงเป็นปริมาณเวกเตอร์แทนด้วยสัญลักษณ์ \vec{g} สนามโน้มถ่วงที่ตำแหน่งใด ๆ หาได้จากแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุมวลหนึ่งหน่วย $\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$

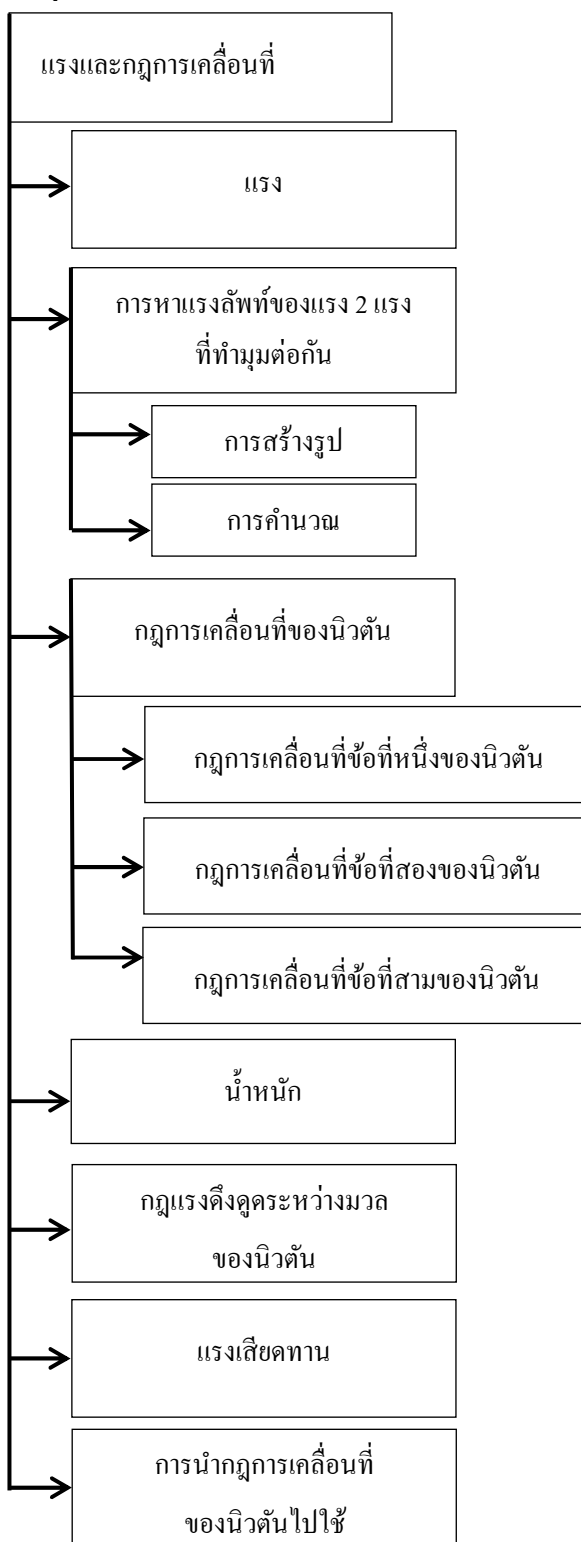
5.2 ความเร่งโน้มถ่วงของโลก \vec{g} ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลกแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางจากศูนย์กลางของโลก (\vec{g} มีค่าลดลง ที่ตำแหน่งห่างจากผิวโลกมากขึ้น)

5.3 วัตถุที่ห่างโลกมาก ๆ น้ำหนักของวัตถุจะน้อยมากจนเกือบเป็นศูนย์ เรียกว่า วัตถุอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก วัตถุที่ตกแบบเสรี จะไม่มีแรงเนื่องจากน้ำหนักวัตถุกดพื้น เรียกว่า วัตถุอยู่ในสภาพเสมือนไร้น้ำหนัก

6. แรงเสียดทาน เป็นแรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่งแรงเสียดทานมีสองชนิด คือ แรงเสียดทานจลน์ มีทิศตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ และแรงเสียดทานสถิต มีทิศตรงข้ามกับทิศทางที่วัตถุพยายามจะเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจลน์มี $\vec{f}_k = \mu_k \vec{N}$ เมื่อ \vec{f}_k เป็นแรงเสียดทานจลน์ \vec{N} เป็นแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุ ซึ่งมีขนาดเท่ากับแรงกดระหว่างผิวในแนวตั้งฉากกับพื้นผิว และ μ_k เป็นค่าคงตัวขึ้นอยู่กับชนิดของผิวสัมผัสแต่ละคู่เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ ส่วนแรงเสียดทานสถิตมี $\vec{f}_{s, \max} = \mu_s \vec{N}$ เมื่อ $\vec{f}_{s, \max}$ เป็นแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุ มีขนาดเท่ากับแรงเสียดทานสถิตสูงสุด \vec{N} เป็นแรงกดระหว่างผิวในแนวตั้งฉากผิว และ μ_s เป็นค่าคงตัวขึ้นอยู่กับชนิดของผิวสัมผัสแต่ละคู่เมื่อวัตถุอยู่นิ่ง เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต

7. การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญมากในวิชาฟิสิกส์สามารถนำไปใช้หาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรง และการเคลื่อนที่รวมทั้งเรื่องสมดุลและยังเป็นพื้นฐานสำหรับนำไปใช้ศึกษาเรื่องอื่น ๆ เช่น งาน พลังงาน โมเมนตัม เป็นต้น

ผังมโนทัศน์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่



ภาพที่ 2 แผนผังมโนทัศน์ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

การหาคุณภาพแบบทดสอบ

1. ความยากของแบบทดสอบ (Difficulty)

ในการหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้แนวคิด และข้อเสนอแนะถึงค่าความยากง่ายของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ไว้ ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2535, หน้า 87) กล่าวว่า ค่าความยากง่ายของข้อสอบอิงเกณฑ์เป็นค่าแสดงถึงร้อยละ หรือสัดส่วนของผู้ที่ตอบข้อสอบนั้นถูก หรือที่เลือกคำตอบนั้นเพื่อตรวจสอบความสามารถของผู้เรียน

สมนึก ภัททิยธนี (2553, หน้า 71) กล่าวว่า ความยาก หมายถึง จำนวนคนตอบข้อสอบได้ถูกมากน้อยเพียงใด หรืออัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกกับจำนวนคนทั้งหมดที่เข้าสอบ ตามทฤษฎีวัดผลแบบอิงกลุ่ม ข้อสอบที่ดี คือ ข้อสอบที่ไม่ยากหรือง่ายเกินไป เรียกว่ามีความยากพอเหมาะ เพราะคุณค่าของข้อสอบดังกล่าวจะช่วยจำแนกข้อสอบได้ว่า ใครเก่งใครอ่อน ข้อสอบข้อใดที่ไม่มีใครทำได้ถูก หรือข้อสอบที่ทุกคนทำถูก ต่างก็ไม่สามารถจำแนกผู้สอบได้ว่าใครเก่งใครอ่อน จึงไม่มีคุณค่าในการจำแนก ส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ ถือว่าข้อสอบที่ดี คือ สามารถวัดผู้เรียนได้บรรลุจุดประสงค์หรือไม่ การที่ทุกคนทำข้อสอบได้ถูก แสดงว่าเขابรรลุตามจุดประสงค์ตามที่ต้องการ ดังนั้นสิ่งที่สำคัญของข้อสอบอยู่ที่ว่าสามารถวัดในจุดประสงค์ที่ต้องการได้จริงหรือไม่ ถ้าวัดได้จริงก็นับว่าเป็นข้อสอบที่ดี แม้ว่าจะเป็นข้อสอบที่ง่ายก็ตาม

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 196) กล่าวว่า ข้อสอบอิงเกณฑ์จะพิจารณาค่าความยากง่ายของข้อสอบแตกต่างจากแบบอิงกลุ่ม โดยข้อสอบอิงเกณฑ์ในแต่ละข้อจะต้องมีค่าความยากง่ายน้อยกว่า 0.40 ก่อนที่นักเรียนจะได้รับการสอนและเมื่อนักเรียนได้รับการสอนแล้ว ข้อสอบแต่ละข้อจะต้องมีค่าความยากง่ายมากกว่า 0.75 ทั้งนี้เป็นเพราะการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ไม่ได้เน้นที่จะนำค่าความยากง่ายเพื่อมาเลือกข้อสอบ แต่เน้นที่คุณภาพในการสอนของครู กล่าวคือ ถ้าครูยังไม่ได้สอนเนื้อหา นั้น ข้อสอบควรจะยาก คือ มีค่า p ต่ำกว่า 0.40 แต่ถ้าครูทำการสอนแล้ว และครูสอนดีนักเรียนควรจะเรียนรู้ในเนื้อหา นั้น และควรจะทำข้อสอบนั้นได้ ซึ่งข้อสอบควรง่าย คือ มีค่ามากกว่า 0.75

พิชิต ฤทธิจรูญ (2551, หน้า 138) ความยากเป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่า ข้อสอบข้อนั้นมีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบข้อนั้นก็ง่ายและถ้ามีคนตอบถูกน้อยข้อสอบข้อนั้นก็ยาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีคนตอบถูกปานกลางข้อสอบข้อนั้นก็มีความยากปานกลาง ข้อสอบที่ดีควรมีความยากพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คน และไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูกหารด้วยจำนวนคนที่ตอบผิดทั้งหมด

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณหาค่าความยากของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร การหาค่าความยากของข้อสอบ ตามแนวคิดของลัว่น สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 196) ดังสูตร

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

เมื่อ p แทน ดัชนีค่าความยากง่าย

R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูก

N แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบทั้งหมด

2. อำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (Discrimination)

สมนึก กัทพิยธณี (2553, หน้า 71) กล่าวว่า อำนาจจำแนก หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้สอบที่มีคุณลักษณะ หรือความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้ ข้อสอบที่ดีจะต้องมีอำนาจจำแนกสูง

ลัว่น สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 197) กล่าวว่า ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอิงเกณฑ์นั้นจะเป็นค่าอำนาจจำแนกระหว่างกลุ่มที่ยังไม่ได้รับการเรียนรู้หรือกลุ่มที่ยังไม่รู้ (Nonmaster) กับกลุ่มที่ได้รับการเรียนรู้แล้วหรือที่รู้แล้ว (Master) ข้อสอบอิงเกณฑ์ไม่เน้นที่ค่าอำนาจจำแนก เนื่องจากแบบทดสอบอิงเกณฑ์จะใช้ในการวัดผลที่ใช้การเรียนการสอนแบบมีระบบ (Systematic instruction) เช่น การเรียนแบบรอบรู้ นักเรียนทุกคนจะเรียนรู้หมด นั่นคือ มีคะแนนเต็มหรือใกล้เต็มทุกคน เมื่อหาค่าอำนาจจำแนกจะมีค่าเป็น 0 หรือใกล้ 0 ทั้งนี้ ดังนั้นดัชนีค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอิงเกณฑ์ ควรมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0

การคำนวณค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ มีอยู่ 2 วิธี

วิธีที่ 1 คำนวณจากผลการทดสอบซ้ำกัน 2 ครั้ง โดยการเอาแบบทดสอบฉบับเดิมไปสอบกับนักเรียนแล้วคำนวณจากสัดส่วนของนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูกต้องก่อนได้รับการสอน (Preinstruction) กับหลังได้รับการสอน (Postinstruction) ซึ่ง Cox and Vargas (1966), Tucker and Vargas (1971) และ Vargas (1969) อ้างถึงใน ลัว่น สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) ได้เสนอสูตร ดังนี้

$$PPDI = \frac{R_{pos}}{n} - \frac{R_{pre}}{n}$$

เมื่อ $PPDI$ แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอิงเกณฑ์ (Pre-to-post difference index)

R_{pos} แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกต้องหลังได้รับการสอน

R_{pre} แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกต้องก่อนได้รับการสอน

n แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบทั้งหมด

วิธีที่ 2 คำนวณจากผลการทดสอบเพียงสอบครั้งเดียว วิธีนี้เอาแบบทดสอบไปสอบกับนักเรียนหลังจากนักเรียนเรียนรู้แล้ว แล้วนำข้อมูลมาคำนวณจากสัดส่วนของนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกของกลุ่มที่สอบผ่านเกณฑ์กับกลุ่มที่สอบยังไม่ผ่านเกณฑ์ คำนวณโดยใช้สูตรของเบรนแนน (Brennan)

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

- เมื่อ B แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
 U แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกของกลุ่มที่สอบผ่านเกณฑ์
 L แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกของกลุ่มที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์
 n_1 แทน จำนวนนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์
 n_2 แทน จำนวนนักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551, หน้า 138) อธิบายอำนาจจำแนกเป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนได้ ตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้-ไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการว่าคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูก คนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือใดมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นก็มีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูงด้วย

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

3. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability)

ล้วน 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. ความเชื่อมั่นแบบหาความคงที่ของความรู้อยู่ (Stability reliability) เป็นการคำนวณหาความเชื่อมั่นโดยการนำแบบทดสอบอิงเกณฑ์มาทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาจากการสอบ 2 ครั้ง มาหาความคงที่ของการรอบรู้ และไม่รอบรู้ที่ได้จากการกำหนดคะแนนจุดตัดที่เหมาะสม และการหาความคงที่ชนิดนี้ ชรอก และคอสแคร์ลี (Shrock & Coscarelli) ได้เสนอให้คำนวณจากสูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 232)

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

- 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 โดยใช้สูตรของคาร์เวอร์ (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 ฉบับนั้น แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับนี้ จะต้องคู่ขนานกันแล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกัน แฮมเบิลตัน และ โนวิก ได้เสนอสูตรหาความสอดคล้อง ดังนี้

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

- เมื่อ \hat{P} แทน สัดส่วนของความสอดคล้องในการตัดสินใจเพื่อจำแนกรอบรู้
 \hat{P}_{11} แทน สัดส่วนของผู้ถูกตัดสินว่ารอบรู้ตรงกันทั้งสองฉบับหรือสองครั้ง
 \hat{P}_{00} แทน สัดส่วนของผู้ถูกตัดสินว่าไม่รอบรู้ตรงกันทั้งสองฉบับหรือสองครั้ง

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

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

- เมื่อ K แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
 P แทน สัดส่วนของความสอดคล้องในการตัดสินใจความรอบรู้ที่ได้จากการสอบซ้ำหรือการทดสอบ 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 คะแนนจุดตัด
 μ แทน คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
 $KR-20$ แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่หาจากสูตร KR-20

วิธีที่ 2 ความเชื่อมั่นจากสูตร ไบโนเมียล (Binomial formula) ของโลเวทท์ (Lovett, 1978) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 238)

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

- 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) ได้เสนอสูตรที่ใช้แนวความคิดของฮอยท์ (Hoyt, 1941) หากความเชื่อมั่น ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539, หน้า 239)

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

- เมื่อ r_{cc} แทน ความเชื่อมั่นตามวิธีของฮอยท์
 MS_E แทน คะแนนความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error)
 MS_P แทน คะแนนความแปรปรวนระหว่างคน (Between people)

วิธีที่ 4 ความเชื่อมั่น โดยวิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ วิธีนี้จะหาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร สเปียร์แมนบราวน์ (Spearman-Brown) แล้วใช้สูตรปรับแก้ของแองกอฟฟ์ (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^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ
 σ_1 แทน ความเบี่ยงเบนของข้อสอบข้อคู่
 σ_2 แทน ความเบี่ยงเบนของข้อสอบข้อคี่
 r_{12} แทน สหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบข้อคู่กับข้อคี่

วิธีที่ 5 การหาค่าความเชื่อมั่น โดยสูตรของแฮริส (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 การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ที่คำนึงถึงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นราชู (Raju, 1982) ได้เสนอสูตรคอนเจนเนอริก (Congeneric) ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 244)

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

- เมื่อ σ^2 แทน ความแปรปรวนของทั้งฉบับ
 μ แทน คะแนนเฉลี่ยทั้งฉบับ
 λ_i แทน $\frac{K_i}{\sum K_i}$ เมื่อ K_i คือ จำนวนข้อสอบในแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
 C แทน คะแนนจุดตัดของแต่ละจุดประสงค์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว โดยสูตรของลิวิงสตัน (Livingston, 1972)

ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ (Validity)

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 246) ได้กล่าวว่า ความเที่ยงตรงเป็นคุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตามลักษณะหรือจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัด ซึ่งเป็นคุณสมบัติของแบบทดสอบที่สำคัญของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ความถนัด เจตคติ จริยธรรม บุคลิกภาพ และอื่น ๆ แบบทดสอบทุกฉบับจะต้องมีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงจึงจะเชื่อได้ว่าเป็นแบบทดสอบที่ดี และผลที่ได้จากการวัดจะถูกต้องตรงตามที่ต้องการ

ความเที่ยงตรงในการวัดจำแนกตามคุณลักษณะหรือจุดประสงค์ที่ต้องการวัดได้

3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content validity) ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา หมายถึง เครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามเนื้อหาที่ต้องการจะวัด และการพิจารณาความเที่ยงตรงชนิดนี้จะใช้การวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล (Rational analysis) ดังนั้นความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจึงอยู่กับบุคคลที่จะวิเคราะห์ทำให้ผลที่ได้จึงมักจะไม่ค่อยแน่นอนขนาดความเป็นปรนัย ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจำแนกออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเหตุผล (Logical validity) บางครั้งแรกความเที่ยงตรงเชิงสุ่ม (Sampling validity) เป็นความเที่ยงตรงที่ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อนั้นวัดได้ตรงตามตารางวิเคราะห์รายละเอียด (Table of specifications) หรือไม่ ถ้าเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงกลุ่ม ผู้เชี่ยวชาญทางสาขาวิชานั้นจะต้องพิจารณาว่าแบบทดสอบฉบับนั้นมีข้อสอบแต่ละข้อตรงตามพฤติกรรมที่จะวัด และจำนวนข้อสอดคล้องกับตารางวิเคราะห์รายละเอียดหรือไม่ สำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงเกณฑ์นั้น ผู้เชี่ยวชาญทางสาขาวิชาจะต้องพิจารณาว่า ข้อสอบของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency: IOC) ใช้สูตรของโรวินลลี และแซมเบลตัน ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1

$\sum R$ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ เป็นคุณภาพของแบบทดสอบที่พิจารณาว่า ข้อสอบแต่ละข้อวัดได้ตรงตามคุณลักษณะที่นิยามไว้หรือไม่ ซึ่งเป็นความเที่ยงตรงที่เหมาะสมสำหรับแบบทดสอบวัดด้านความรู้สึก (Affective domain) ซึ่งแบบทดสอบเหล่านี้ ก่อนสร้างข้อสอบจะต้องนิยามสิ่งที่วัดให้ชัดเจนก่อน หลังจากนั้นจึงสร้างข้อสอบหรือข้อความให้สอดคล้องกับ

ที่นิยามไว้ แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบว่าสร้างตรงตามที่นิยามไว้หรือไม่ ถ้าสร้างได้ตรงตามที่นิยามไว้ ก็แสดงว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทางด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจ

2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ (Criterion-related validity)

ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ หมายถึง คุณภาพของคะแนนที่เอาผลการวัดของแบบทดสอบไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่ต้องการ จำแนกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

2.1 ความตรงเชิงสภาพ (Concurrent validity) หมายถึง ความเที่ยงตรงที่เอาผลการวัดของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในสภาพปัจจุบัน

2.2 ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity) หมายถึง ความเที่ยงตรงที่ได้มาจากเอาผลการวัดของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ไปคำนวณหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในอนาคต

3. ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct validity)

ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามลักษณะหรือตามทฤษฎีต่าง ๆ ของโครงสร้างนั้น หรือวัดได้ครอบคลุมตามลักษณะของโครงสร้างของแบบทดสอบมาตรฐาน การคำนวณค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างทั้งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อิงกลุ่ม หรืออิงเกณฑ์ มีวิธีคำนวณเหมือนกัน ดังนี้

3.1 คำนวณจากค่าความสัมพันธ์

3.2 คำนวณจากหลายลักษณะหลายวิธี (The multitrait-multimethod)

3.3 คำนวณจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis)

3.4 คำนวณจากกลุ่มที่รู้จักอยู่แล้ว (Known-group technique)

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบอิงเกณฑ์จากการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency: IOC) โดยใช้สูตรของ โรวินคลี และแฮมเบลตัน ในการหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content validity) และหาความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct validity) โดยการคำนวณจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างชั้น

ลักษณะของคะแนนจุดตัด

คะแนนจุดตัด (Cut-off score) เป็นคะแนนที่ใช้สำหรับเป็นเกณฑ์ในการนำผลการสอบของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ไปเปรียบเทียบว่า นักเรียนมีคะแนนสูงหรือต่ำกว่าคะแนนจุดตัด ถ้าคะแนนผลการสอบสูงกว่าคะแนนจุดตัด แสดงว่านักเรียนมีความรอบรู้ (Master) สมควรที่จะผ่าน ไปเรียนจุดประสงค์การเรียนใหม่ต่อไป แต่ถ้าคะแนนผลการสอบต่ำกว่าคะแนนจุดตัด ก็แสดงว่านักเรียนไม่รอบรู้ (Nonmaster) จะต้องกลับมาเรียนซ่อมเสริมในจุดมุ่งหมายในการเรียนนั้นอีก ดังนั้นคะแนนจุดตัดจะเป็นจุดที่กำหนดความสามารถขั้นต่ำ (Minimum competence) ของความต้องการในการเรียนรู้ (Minimum requirement) บางครั้งเรียกว่า การกำหนดมาตรฐาน (Standard setting) (ถ้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 266-295)

ในการกำหนดคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบในแต่ละครั้งนั้น จะทำให้เกิดการตัดสินผู้สอบออกเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

		ผลการสอบ	
		ไม่รอบรู้	รอบรู้
สถานภาพจริง (True status)	รอบรู้	ความคลาดเคลื่อน แบบไม่ยอมรับ (1)	การตัดสินที่ถูกต้อง (3)
	ไม่รอบรู้	การตัดสินที่ถูกต้อง (2)	ความคลาดเคลื่อน แบบยอมรับ (4)

ภาพที่ 3 การกำหนดคะแนนจุดตัด

ลักษณะที่เกิดจากการกำหนดคะแนนจุดตัด 4 ลักษณะ ด้วยกัน ดังนี้

1. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่า นักเรียนสอบไม่ผ่าน ทั้ง ๆ ที่ตามสภาพจริงแล้วเป็นผู้มีความรู้ จึงเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนแบบไม่ยอมรับ (Error of rejection) หรือความผิดพลาดแบบลบ (False negative) คือ เป็นผู้ไม่รอบรู้แบบไม่จริง

2. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่า นักเรียนสอบผ่าน เกณฑ์ทั้ง ๆ ที่ตามสภาพจริงแล้วผู้ไม่มีความรู้ จึงเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น เรียกความคลาดเคลื่อนแบบยอมรับ (Error of acceptance) หรือความผิดพลาดแบบบวก (False positive) คือ เป็นผู้รอบรู้แบบไม่จริง

3. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่า นักเรียนสอบผ่าน เกณฑ์ และสถานภาพจริงเป็นผู้มีความรู้ แสดงว่าการตัดสินผลการสอบครั้งนี้ถูกต้อง (Correct decision) ไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

4. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่า นักเรียนสอบไม่ผ่านเกณฑ์และสถานภาพจริงเป็นผู้ที่ไม่มีความรู้ แสดงว่าการตัดสินผลการสอบครั้งนี้ถูกต้อง (Correct decision) ไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

จากลักษณะ 4 ประการดังกล่าวนี้ การตัดสินผลการสอบของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ หลังจากกำหนดคะแนนจุดตัดแล้ว ต้องการการตัดสินที่ถูกต้อง คือ แบบที่ 3 กับแบบที่ 4 ส่วนแบบที่ 1 และแบบที่ 2 นั้นไม่ต้องการให้เกิดหรือเกิดน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ดังนั้น

ในการกำหนดคะแนนจุดตัดที่เหมาะสม คือ จุดที่ทำให้ผลการตัดสินแบบที่ 1 กับแบบที่ 2 (ความผิดพลาดแบบลบกับความผิดพลาดแบบบวก) มีค่าน้อยที่สุด หรือมีค่าเป็นศูนย์

วิธีกำหนดคะแนนจุดตัด

การกำหนดคะแนนจุดตัดนั้น แฮมเบลตัน และไอก์เนอร์ (1980 อ้างถึงใน ส่วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 268) ได้แบ่งวิธีหาคะแนนจุดตัดออกเป็น 3 วิธี คือ การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีการพิจารณา (Judgmental methods) การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีเชิงประจักษ์ (Empirical methods) และการกำหนดคะแนนจุดตัดแบบผสม (Combination methos) มีวิธีการกำหนด ดังนี้

1. การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีการพิจารณา

วิธีนี้เป็นเป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาตัดสินจาก เนื้อหาและข้อสอบแต่ละข้อ แล้วคำนวณหาค่าคะแนนจุดตัด ซึ่งมีผู้เสนอหาคะแนนจุดตัด หลายวิธี ดังวิธีของนีเดลสกี วิธีของแองกอฟฟ์ และวิธีของอีเบล ดังนี้

1.1 วิธีของนีเดลสกี (Nedelsky) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบ เลือกตอบ โดยมีวิธีการ ดังนี้

1.1.1 ให้ผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชาเป็นผู้พิจารณาตัวเลือกของแบบทดสอบ เลือกตอบแต่ละข้อว่า ตัวเลือกใดที่คิดว่านักเรียนที่มีความสามารถต่ำที่สุด (Lowest D student) จะไม่เลือกตอบ

1.1.2 นำตัวเลือกที่เหลือมาหาค่าความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะเลือกตอบ เช่น ข้อสอบมี 5 ตัวเลือก และผู้เชี่ยวชาญคิดว่านักเรียนที่มีความสามารถต่ำที่สุดจะไม่เลือกตอบ 2 ตัวเลือก แล้วตัวเลือกที่เหลือ 3 ตัวเลือก มาหาค่าความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะเลือกตอบ มีค่า $1/3$ หรือ 0.33

1.1.3 คำนวณผลรวมของค่าความน่าจะเป็นของแต่ละข้อของแบบทดสอบ ใช้สัญลักษณ์ว่า M

1.1.4 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 0.5 ถึง 1.0

1.2 วิธีของแองกอฟฟ์ (Angoff) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชานั้น โดยพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อว่า ผู้ที่มีความรู้มีค่าความน่าจะเป็น (โอกาสที่จะตอบถูก) ในการตอบถูกข้อนั้นอย่างน้อยเท่าไร แล้วหาค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นเป็นคะแนนจุดตัด ดังตัวอย่างของแบบทดสอบเลือกตอบวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความน่าจะเป็นในการตอบถูกในแต่ละข้อของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ได้ข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าความน่าจะเป็นของแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เชี่ยวชาญ

ความน่าจะเป็นของ ผู้เชี่ยวชาญ	ข้อสอบ					รวม
	1	2	3	4	5	
1	.33	.80	.20	.20	.50	2.03
2	.50	.90	.33	.90	.75	3.38
3	.40	1.00	.20	.33	.50	2.43
รวม						7.84

จากข้อมูลคะแนนจุดตัด มีค่า = $7.84 / 3 = 2.61$ หรือเท่ากับ 3 คะแนน แสดงว่าแบบทดสอบ 5 ข้อนี้มีคะแนนจุดตัด 3 คะแนน

1.3 วิธีของอีเบล (Ebel's technique) วิธีนี้เป็นการใช้การพิจารณาจากลักษณะความยากง่ายและความเกี่ยวข้องในเนื้อหาของแบบทดสอบอิงเกณฑ์เป็นหลักในการพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังไว้ในข้อสอบ ซึ่งอีเบลได้กำหนดไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2 การพิจารณาความสำเร็จที่คาดหวังในข้อสอบโดยวิธีของอีเบล

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

จากข้อมูลดังกล่าวนี้ จะนำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แต่ละข้อมาแจกแจงลักษณะของ สิ่งที่เกี่ยวข้องในเนื้อหาแล้วคำนวณเป็นคะแนนจุดตัดหรือคะแนนการสอบผ่านของนักเรียน ดังตัวอย่าง ตัวอย่างแบบทดสอบฉบับหนึ่ง มี 50 ข้อ เมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน พิจารณาแยกแยะ ลักษณะข้อสอบ ซึ่งจะกลายเป็นมีจำนวนข้อทั้งหมด 250 ข้อ (50 × 5) แล้วนำไปคำนวณ คะแนน จุดตัด ดังนี้

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการหาคะแนนจุดตัด

ลักษณะข้อสอบ	จำนวนข้อ	ความสำเร็จที่คาดหวังไว้	จำนวนข้อความสำเร็จที่คาดหวังไว้
ความจำเป็น	47	100%	4,700
ความสำคัญ			
ง่าย	53	90%	4,770
ปานกลาง	77	70%	5,390
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 ดังเช่น ลักษณะข้อสอบความจำเป็น ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาจากข้อสอบ 50 ข้อ ว่าเป็นข้อสอบที่มีความจำเป็นต่อการเรียน รวมทั้ง 5 คน พิจารณาแล้วมี 47 ข้อ เป็นต้น เมื่อรวมทุกลักษณะ และจากจำนวนข้อสอบ 50 ข้อ ก็จะมีข้อสอบรวมทั้งสิ้น 250 ข้อ

จากช่องความสำเร็จที่คาดหวังไว้ เป็นเปอร์เซ็นต์ที่คาดหวังไว้ว่านักเรียนควรจะสามารถทำตามลักษณะข้อสอบจากตารางของอีเบลข้างต้น

สำหรับช่องสุดท้ายนั้นจะเป็นผลมาจากการเอาช่องจำนวนข้อคูณกับช่องความสำเร็จที่คาดหวังไว้ แล้วรวมตัวเลขของช่องนี้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18,810 จากนั้นจึงคำนวณหาคะแนนจุดตัดจากสูตร

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

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า คะแนนจุดตัด} &= \frac{18810}{250} \\ &= 75.24 \end{aligned}$$

นั่นคือ แบบทดสอบ 50 ข้อนี้ มีจุดตัดที่ 75%

ดังนั้น จึงหมายความว่า ถ้าข้อสอบมี 100 ข้อ ต้องทำถูกอย่างน้อย 75 ข้อ

ถ้าข้อสอบมี 50 ข้อ ต้องทำถูกอย่างน้อย $\frac{75 \times 50}{100} = 37.5$ ข้อ

แสดงว่าคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบฉบับนี้ เท่ากับ 37.5 คะแนน หรือเท่ากับ

38 คะแนน (กรณีทำถูกได้ 1 คะแนน ทำผิดได้ 0 คะแนน ในแต่ละข้อ)

2. การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีเชิงประจักษ์

วิธีนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยคะแนนจากการทดสอบนักเรียน ซึ่งมีอยู่วิธีด้วยกัน เช่น Livingston, วิธีทฤษฎีการตัดสินใจ (Decision-theoretic approach) Glass, Huynh, Krie-wall วิธีหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดาตอบและการสุ่มข้อสอบ (Errors dus to

Guessing and item sampling) ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีทฤษฎีการตัดสินใจของ Glass และ Huynh ดังต่อไปนี้

2.1 วิธีทฤษฎีการตัดสินใจ วิธีนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยเกสส์ เป็นวิธีการที่แบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่ม โดยอาศัยเกณฑ์ภายนอกซึ่งอาจจะเป็นผลการเรียน โดยปกติของนักเรียนหรือผลสำเร็จในการทำงาน แล้วแบ่งเป็นกลุ่มผู้ผ่านเกณฑ์ภายนอก (Pass) และกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก (Fail) ในแต่ละกลุ่มเมื่อทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์ที่ต้องการหาคะแนนจุดตัดนั้นแล้ว มีจำนวนคนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นในแต่ละจุดของคะแนนเกณฑ์เท่าไร ดังนี้

		เกณฑ์ภายนอก	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
คะแนนเกณฑ์ที่กำหนดใน แบบทดสอบอิงเกณฑ์	ไม่ผ่าน	PA	PB
	ผ่าน	PC	PD

ภาพที่ 4 การผ่านเกณฑ์จากแบบทดสอบ

จากตารางที่กำหนดให้

PA หมายถึง สัดส่วนนักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์แต่ผ่านเกณฑ์ภายนอก (False Negative)

PD หมายถึง สัดส่วนนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก (False Positive)

PB หมายถึง สัดส่วนนักเรียนที่สอบไม่ผ่านทั้งเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์และเกณฑ์ภายนอก

PC หมายถึง สัดส่วนนักเรียนที่สอบผ่านทั้งเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์และเกณฑ์ภายนอก

สำหรับเกณฑ์ภายนอกที่กำหนดนั้นจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง แต่คะแนนของแบบทดสอบอิงเกณฑ์นั้นจะแปรผันไปตามคะแนนแต่ละค่าของแบบทดสอบ ซึ่งจะทำให้ค่า PA, PD, PB, PC แปรผันตามไปด้วย และค่าคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ก็คือ ค่าของฟังก์ชันของคะแนนเกณฑ์ $f(C_x)$ ที่มีค่าน้อยที่สุด จากสูตร ดังนี้

$$f(C_x) = \frac{PA+PD}{PB+PC}$$

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

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

โดยกำหนดให้ค่าโอกาสที่จำแนกผิดทางลบ คือ α และ โอกาสที่จำแนกผิดทางบวก คือ β มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และจะมีค่าเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับผู้ประเมินผลการสอบจะต้องคำนึงถึงความสำคัญสองประการนี้ คือ

1. นักเรียนสอบผ่านเกณฑ์แบบทดสอบอิงเกณฑ์ แต่สอบไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอกหรือสอบตกหรือเรียนไม่สำเร็จควรให้ความสำคัญเท่าไร เป็นตัวกำหนด α
2. นักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์ของแบบทดสอบ แต่สามารถสอบผ่านเกณฑ์ภายนอกหรือสามารถเรียนสำเร็จควรให้ความสำคัญเท่าไร เป็นตัวกำหนด β

โดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติการคำนวณหาคะแนนจุดตัดโดยวิธีทฤษฎีการตัดสินใจนี้ มักจะกำหนดให้ค่าการจำแนกผิดทางลบ (α) กับค่าการจำแนกผิดทางบวก (β) มีค่าเท่ากัน

1. การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีแบบผสม (Combination methods) วิธีนี้เป็น การกำหนดคะแนนจุดตัดที่มีทั้งวิธีพิจารณาคุณลักษณะ และเชิงประจักษ์ (Judgment-empirical) ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น วิธีกลุ่มตรงข้าม (Contrasting groups) ของไซกี และลิวังตัน (Zieky & Novick) เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า การหาคะแนนจุดตัดมีหลายวิธี ดังนั้นการสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์จะใช้วิธีไหนหาคะแนนจุดตัดนั้น อยู่ที่ดุลพินิจของผู้วิจัยว่ามีความสะดวกและความถูกต้องในการเก็บข้อมูลมากน้อยเพียงใด ก็ใช้วิธีนั้นหาคะแนนจุดตัดของการวิจัยครั้งผู้วิจัยได้เลือกวิธีของแองกอฟฟ์ (Angoff) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของผู้เชี่ยวชาญในการคำนวณหาคะแนนจุดตัด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษามโนทัศน์ที่ตลาดเคลื่อนพบมากในกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ได้แก่ วิชาฟิสิกส์ (Leinonen, Asikainen & Hirvonen, 2013), (Demirci, 2005), เลมี (Lemma, 2012), ชีววิทยา (Leonard, Kalinowski & Andrews, 2014), คณิตศาสตร์ (Zuya, 2014), ดาราศาสตร์ (Bailey & Slater, 2004) และสิ่งแวดล้อม (Karpudewan, Roth & Chandrakesan, 2015)

Gurel, Eryilmaz and McDermott (2015) การวิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบองค์รวม วัตถุประสงค์ในการศึกษา เพื่อแสดงให้เห็นภาพรวมของเครื่องมือในการวินิจฉัยมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ และเพื่อเปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนแต่ละชนิดถึงจุดอ่อนและจุดแข็งของเครื่องมือนั้น จากการศึกษาบทความทาง การศึกษาที่ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ. 1980-2014 จำนวน 273 บทความ พบว่า เครื่องมือส่วนใหญ่ ที่ใช้ในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้แก่ การสัมภาษณ์ (53%) ข้อสอบปลายเปิด (34%) ข้อสอบแบบเลือกตอบ (32%) และข้อสอบหลายชั้น (13%) ได้พัฒนาเครื่องมือวินิจฉัยรวม ของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มาจากทั้งวิชาฟิสิกส์, เคมี และชีววิทยารวมกัน โดยมีเครื่องมือใน การวินิจฉัยหลากหลาย ได้แก่ การสัมภาษณ์, แบบทดสอบปลายเปิด, แบบทดสอบหลายตัวเลือก และแบบทดสอบหลายชั้น ซึ่งทำให้เราสามารถเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากเครื่องมือวินิจฉัยแบบต่าง ๆ เพราะในแต่ละเครื่องมือย่อมมี ข้อได้เปรียบ เสียเปรียบแตกต่างกัน ครูควรเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์เพื่อให้ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

Pablico (2010) การวิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องแรงและแรงโน้มถ่วงใน นักเรียนชั้นมัธยม วัตถุประสงค์ของการศึกษาคั้งนี้ คือ วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง แรงและแรงโน้มถ่วงของนักเรียนในชั้นมัธยมปลาย และตรวจสอบสัดส่วนของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนที่มีผลมาจากปัจจัยด้านเพศ หรือพื้นฐานความรู้จากโรงเรียนเดิมหรือไม่ เครื่องมือ สํารวจ ประกอบด้วย คำถามเชิงคุณภาพ 12 ข้อ ที่กำหนดให้ทั้งตอบและเขียนอธิบาย เพื่อใช้ใน การรวบรวมความคิดและความเชื่อของนักเรียนในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแรงและแรงโน้มถ่วง ผลการศึกษา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความเข้าใจผิดว่ามีความคล้ายกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ เพศไม่ได้มีผลต่อความเข้าใจผิดของนักเรียน และสัดส่วนการตอบผิดของนักเรียนเป็นไปตาม พื้นฐานความรู้จากโรงเรียนเดิม โดยที่นักเรียนกลุ่มวิทยาศาสตร์กายภาพมีสัดส่วนการเข้าใจผิด มากกว่ากลุ่มนักเรียนกลุ่มฟิสิกส์

Griffard and Wandersee (2001) ได้ตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย แบบสองชั้นที่พัฒนาเครื่องมือ โดย Haslam and Treagust ในปี ค.ศ. 1987 ในเรื่องการสังเคราะห์ แสง ในการทดสอบเขาได้ให้นักเรียนสามารถพูด หรือคิดออกมาดัง ๆ ได้ ในขณะที่ทำแบบทดสอบ พวกเขา พบว่า เสียงสามารถหันเหความสนใจของนักเรียนในระหว่างทำข้อสอบ และการใช้เสียง เกินความจำเป็นจะทำให้นักเรียนเกิดข้อผิดพลาด นอกจากนี้การใช้เสียงเกินความจำเป็นก็ยังเป็น สาเหตุให้เกินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนใหม่แก่นักเรียน ในการทำแบบทดสอบส่วนแรกเป็นข้อสอบ ปรนัย และส่วนที่สองเป็นเหตุผลในการตอบนั้น ทำให้การทดสอบสองชั้นดูเหมือนจะเป็นการวัด

ทักษะการทำข้อสอบของนักเรียนมากกว่าการวัดความรู้ในตัวนักเรียน และนอกจากนี้ความรู้สึกของนักเรียนก็มีผลต่อการทำแบบทดสอบเช่นกัน จากการวิเคราะห์ พบว่า สัดส่วนของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการวินิจฉัยของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้นสูงมากเกินไป ที่เป็นเช่นนี้ เพราะแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสองชั้น ไม่สามารถแยกการขาดความรู้ออกจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นการทดสอบชั้นที่สามจึงเป็นในการทำให้แน่ใจว่าในการตอบผิดในสองชั้นแรกเกิดจากความผิดพลาดหรือเกิดจากการขาดความรู้

Eryilmaz and Sürmeli (2002) ได้พัฒนาแบบทดสอบแบบสามชั้นเพื่อประเมินความเข้าใจผิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เกี่ยวกับความร้อนและอุณหภูมิ จากการตรวจสอบพบว่า ความเข้าใจผิดทั้งหมดในการทำแบบทดสอบไม่ได้มาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ข้อผิดพลาดบางอย่างเกิดจากการขาดความรู้ ถ้านักเรียนอธิบายเหตุผลของคำตอบที่ผิดได้ถูกต้อง และตอบมั่นใจ นั่นแสดงว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ในการศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วนของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแต่ละชั้น พบว่า ในชั้นแรกนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 46% สองชั้นแรกนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 27% และสำหรับทั้งสามชั้นนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เฉลี่ย 18% การผลการศึกษานี้ ผู้วิจัยกล่าวว่า การทดสอบชั้นแรกและชั้นที่สอง สัดส่วนของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสูงเกินไป สำหรับชั้นที่หนึ่ง ทุกความผิดพลาดของคำตอบ ถือว่าเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน อย่างไรก็ตามคำตอบที่ผิดบางคำตอบ อาจจะเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ ซึ่งเป็นการตอบคำถามผิด แต่เหตุผลในการตอบนั้นถูกต้อง และบางครั้งคำตอบที่ถูกต้องอาจจะมาจากการเดา เพราะเหตุผลในการตอบในชั้นที่สองไม่ถูกต้อง ดังนั้นจะพบว่า มีนักเรียน 19% ที่ตอบผิดในชั้นแรกจากความผิดพลาดหรือจากเดา นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังพบว่า การใช้แบบทดสอบสองชั้นในการวินิจฉัยจะทำให้มีสัดส่วนของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากเกินไป ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ก่อนที่นักเรียนจะถูกกล่าวว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน นักเรียนควรจะได้ยืนยันความมั่นใจในการตอบคำถามก่อน เพราะในการทดสอบสองชั้น ไม่ได้ให้นักเรียนแสดงความมั่นใจในการตอบ ผู้วิจัยยังพบว่า 9% ของนักเรียน ไม่มั่นใจในคำตอบของตัวเองในสองชั้นแรก แม้ว่าคำตอบนั้นจะเป็นคำตอบที่ผิด ซึ่งผู้วิจัยได้อธิบายว่านั่นเกิดจากการขาดความรู้ของนักเรียน และสรุปผลว่าแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ดีกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยหนึ่งหรือสองชั้น

ศิริเดช สุชีวะ (2538) การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ วัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น

และวิธีการของทาทซุโอะกะ วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้มีพื้นฐานมาจากแนวคิดการประเมินกฎ ซึ่งกล่าวว่า ผู้สอบแต่ละคนมีกระบวนการคิดที่หลากหลายคำตอบที่ตรงกัน อาจมาจากกระบวนการคิดที่เหมือนกันหรือต่างกันก็ได้ ดังนั้นการประเมินกฎจากแบบการตอบทั้งชุดของผู้สอบทำให้สามารถย้อนรอยกระบวนการคิดและวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้สอบได้ กระบวนการวินิจฉัยครั้งนี้มี 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการสำรวจแบบการคิดทั้งหมดที่เป็นไปได้ตามสังกัดของเนื้อหาที่ต้องการวินิจฉัย ขั้นตอนที่สองเป็นการสร้างข้อสอบจากรูปแบบข้อสอบทั้งหมดที่เป็นไปได้ให้แบบแผนการตอบทั้งชุดสามารถย้อนรอยแบบการคิดของผู้สอบแต่ละคน และขั้นตอนที่สามเป็นการดำเนินการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมี 2 ขั้นตอน คือ การวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิด และการวินิจฉัยเพื่อยืนยันแบบการคิด จากการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การบวกเลขจำนวนเต็มลบของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 940 คน พบว่า วิธีการที่พัฒนาขึ้นมีความคงที่ในการวินิจฉัย และมีความเที่ยงตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์เมื่อใช้ผลการวินิจฉัยของครูเป็นเกณฑ์ วิธีการที่พัฒนาขึ้นให้ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกับวิธีการของทาทซุโอะกะ และลดข้อจำกัดของวิธีการของทาทซุโอะกะ เกี่ยวกับการจำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมีแบบแผนคะแนนการตอบเหมือนกันหรือมีแบบแผนคะแนนการตอบเป็นศูนย์หมดทุกข้อ นอกจากนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวินิจฉัยตามวิธีการที่พัฒนาขึ้นใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

วิทยา ช่อนำ (2551) ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการที่มีคุณภาพ จำนวน 3 ฉบับ คือ ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการให้เหตุผล และทักษะการแก้ปัญหา เพื่อใช้ค้นหาจุดบกพร่องและสาเหตุของความบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 226 คน ของปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มแบบสองขั้นตอน การดำเนินการสร้างแบบทดสอบเริ่มจากการสร้างแบบทดสอบสำรวจชนิดให้เติมคำตอบ และให้แสดงวิธีทำเพื่อค้นหาจุดบกพร่องในการทำแบบทดสอบ หลังจากนั้นนำมาสร้างเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยนำคำตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิดในแบบทดสอบสำรวจมาสร้างเป็นตัวลวงแล้วนำไปทดสอบ 2 ครั้ง การทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อและคัดเลือกข้อสอบ ทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบแต่ละฉบับ ผลการวิจัย พบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 3 ฉบับ ที่วัดเกี่ยวกับทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการให้เหตุผล และทักษะการแก้ปัญหา มีค่าความยากของแบบทดสอบตั้งแต่ 0.31-0.80 และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบตั้งแต่ 0.20-0.56 ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

แต่ละฉบับ ซึ่งคำนวณโดยใช้สูตรไบโนเมียล มีค่า 0.8711, 0.6269 และ 0.6767 ตามลำดับ สำหรับคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบ มีค่า 15, 4 และ 7 ตามลำดับ

ไข่มุก เลื่องสุนทร (2552) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 1 ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 1 กระทรวงศึกษาธิการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 402 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์ แบบอัตนัย เรื่อง จำนวน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเครื่องมือมีความเที่ยง 0.76 และแบบสัมภาษณ์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง จำนวน แบบมีโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูล โดยค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละ ผลการวิจัย พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการทำแบบวัดมโนทัศน์ แบบอัตนัย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง จำนวน เรียงตามลำดับความถี่จากมากไปน้อย ดังนี้

1. ด้านการบิดเบือนทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม และสมบัติ
2. ด้านขาดการตรวจสอบในระหว่างการแก้ปัญหา
3. ด้านข้อผิดพลาดในเทคนิคการทำ
4. ด้านการใช้ข้อมูลผิด
5. ด้านการตีความด้านภาษา

สุริยาพร อุดลย์พงศ์ไพศาล (2552) ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หากคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย และสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยใน ผลการศึกษา พบว่า ได้แบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ จำนวน 33 ข้อ และฉบับที่ 2 แบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน จำนวน 32 ข้อ คุณภาพของแบบทดสอบด้านค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ได้ค่า IOC มีค่าตั้งแต่ .86-1.00 ในด้านค่าความยากง่ายของข้อสอบ มีค่าตั้งแต่ .42-.63 ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ .33-.88 ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งสองฉบับ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .86 และ .81 ตามลำดับ สำหรับคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัย ประกอบด้วย ความมุ่งหมายของแบบทดสอบ โครงสร้างของแบบทดสอบ ลักษณะของแบบทดสอบ การสร้างแบบทดสอบ

คุณภาพของแบบทดสอบ เวลาที่ใช้ในการดำเนินการสอบ วิธีดำเนินการสอบ การตรวจให้คะแนน และการแปลผล

แสงเดือน เจริญนิม (2553) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างเสริมมโนทัศน์และการแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ มีการดำเนินการวิจัย 4 ระยะ คือ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 2) การออกแบบและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 3) การนำไปใช้โดยการนำรูปแบบฯ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จำนวน 80 คน ทำการสุ่มห้องเรียนแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) เป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 40 คน เครื่องมือวิจัย คือ แบบทดสอบการปฏิบัติมีความเชื่อมั่น .99 แบบทดสอบวัดมโนทัศน์และการแก้ปัญหามีค่าความเชื่อมั่น 0.88 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบค่าที (t -test) แบบ Paired samples t -test และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of covariance) 4) การประเมิน (Evaluation) ประกอบด้วย การประเมินระหว่างการใช้รูปแบบการเรียนการสอน และหลังการใช้รูปแบบการเรียนการสอน ผลการวิจัย 1) รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนามีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ คือ (1) หลักการ (2) จุดมุ่งหมาย (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ และ (4) การวัดและประเมินผล 2) ผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนา พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ทางฟิสิกส์มีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ .50 และมีประสิทธิภาพ 80.37/ 81.04 และ 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนฟิสิกส์ มีความเห็นว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้

ธวัชวินทร์ ยิ้มละมัย (2557) ได้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พร้อมแสดงวิธีการหรือหลักการคิด จำนวน 21 ข้อ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว มากที่สุด 3 อันดับแรก ดังนี้ (1) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนการสับสนด้าน ทฤษฎีบท สูตร กฎ บทนิยามและสมบัติ คิดเป็นร้อยละ 27.30 โดยส่วนมากที่พบ นักเรียนมีความสับสนในเรื่อง สมบัติของการเท่ากัน ซึ่งนักเรียนมักใช้การเรียนรู้ด้วยการท่องจำมากกว่า จึงทำให้ไม่สามารถนำสมบัติของการเท่ากันมาใช้ได้อย่างถูกต้อง (2) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

จากการคำนวณ คิดเป็นร้อยละ 24.12 ส่วนใหญ่ พบว่า นักเรียนยังไม่มีพื้นฐานในการคำนวณ โดยเฉพาะ การบวก การลบ การคูณและการหารที่ถูกต้อง อันเนื่องมาจากการขาดการฝึกฝนและการฝึกทำแบบฝึกหัดอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในเรื่องอื่น ๆ (3) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านการสรุปผล ไม่ถูกต้องหรือสรุปผลไม่ครบทุกกรณี คิดเป็นร้อยละ 23.58 โดยส่วนใหญ่ พบว่า ถึงแม้นักเรียนจะมีความเข้าใจในกระบวนการคิด การคำนวณ แต่ยังไม่มีความเข้าใจในด้านการสรุปผลที่ถูกต้อง จึงนับว่าเป็นอุปสรรคที่สำคัญต่อการแสวงหาคำตอบที่แท้จริง โดยนักเรียนมักจะเลือกตอบคำตอบที่คิดได้ในกรณีแรก โดยไม่ให้ความสนใจกับข้อคำถามที่โจทย์ให้และคำตอบถูกที่เป็นไปได้อื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอีก 3 ด้าน คือ การทำผิคูณชั้นตอนหรือผิคูณลำดับชั้นตอน คิดเป็นร้อยละ 17.31 การไม่ตอบ คิดเป็นร้อยละ 5.45 และการนำข้อมูลไปใช้ คิดเป็นร้อยละ 2.24

ไอนิง เจ๊ะเหลาะ (2558) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และเพื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษามีแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก และมีการให้เหตุผลประกอบในการตอบแต่ละตัวเลือกนั้นมีจำนวน 34 ข้อ โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนและจำแนกเป็นกลุ่มความเข้าใจมโนทัศน์ตามหลักการของ Haidar พบว่าระดับความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนเปรียบเทียบก่อนและหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นั้นมีระดับความเข้าใจที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน กล่าวคือ ก่อนเรียนนักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลายระดับ มีตั้งแต่ระดับคลาดเคลื่อนมากไปจนถึงระดับที่มีความเข้าใจที่สมบูรณ์ หลังเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับคลาดเคลื่อนลดลง และมีความเข้าใจในระดับที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คะแนนของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่าคะแนนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะพบว่าการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมีอยู่หลายวิธี ทั้งการสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถามปลายเปิด การใช้แบบทดสอบวินิจฉัยแบบปรนัย การใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสองชั้น การใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น เป็นต้น ผู้วิจัยได้นำมาใช้เป็น

กรอบแนวคิดในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยในชั้นแรกเป็นคำถามให้นักเรียนเลือกตอบ ชั้นที่สองเป็นชั้นของการให้เหตุผลในการตอบชั้นแรก และชั้นที่สามเป็นการยืนยันความมั่นใจในการตอบ ซึ่งจะ ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ถูกต้องและสมบูรณ์ที่สุด เพื่อใช้ในการวินิจฉัยมโนทัศน์ของนักเรียน และช่วยให้การเรียนการสอนฟิสิกส์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

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

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2558 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 50 โรงเรียน ซึ่งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีนักเรียนชาย จำนวน 4,155 คน นักเรียนหญิง จำนวน 6,905 คน รวมมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11,060 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีนักเรียนชาย จำนวน 3,724 คน นักเรียนหญิง จำนวน 6,371 คน รวมมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10,095 คน รวมมีประชากรในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 21,155 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจ เพื่อหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง โรงเรียนผินแจ่มวิชาสอน โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา โรงเรียนนิคมวิทยา ปีการศึกษา 2558 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) ตามขนาดโรงเรียน คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ จำนวนนักเรียน 100 คน

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 ซึ่งเลือกมาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) ตามขนาดโรงเรียน คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ โรงเรียนละ 20 คน จำนวน 8 โรงเรียน รายละเอียดดังตารางที่ 4

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้วินิจฉัยหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้มาจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G*power โดยกำหนดค่า Effect size = 0.2, Alpha = 0.05 เพื่อหาค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 315 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 ซึ่งสุ่มมาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) ตามขนาดโรงเรียน คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ

ขนาดใหญ่พิเศษ มีจำนวนประชากร 6,313 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 180 คน

ขนาดใหญ่ มีจำนวนประชากร 2,389 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 68 คน

ขนาดกลาง มีจำนวนประชากร 2,061 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 59 คน

ขนาดเล็ก มีจำนวนประชากร 300 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 9 คน

รายละเอียดจำนวนกลุ่มตัวอย่างดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ขนาดโรงเรียน	โรงเรียน	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2		กลุ่มที่ 3
		สำรวจ	หาคุณภาพ		วินิจฉัย
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ	ชลราษฎรอำรุง	25	-	25	60
	ศรีราชา	-	20	-	-
	ระยองวิทยาคม	-	20	-	-
	วัดป่าประดู่	-	-	-	60
	พนัสพิทยาคาร	-	-	-	60
โรงเรียนขนาดใหญ่	บ้านฉางกาญจนกุลวิทยา	25	-	-	30
	บางละมุง	-	20	-	-
	แสนสุข	-	20	-	-
	โพธิ์สัมพันธ์พิทยาคาร	-	-	25	30

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ขนาดโรงเรียน	โรงเรียน	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	
		สำรวจ	หาคุณภาพ		วินิจฉัย
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
โรงเรียนขนาดกลาง	อ่างศิลาพิทยาคม	-	-	-	30
	สุนทรภู่พิทยา	-	20	-	-
	นิคมวิทยา	25	-	-	-
	จุฬารัตนราชวิทยาลัย	-	20	25	30
โรงเรียนขนาดเล็ก	หนองใหญ่ศิริรวาทวิทยา	25	20	-	-
	คลองแก้ววิทยา	-	-	-	-
	ชำม้อพิทยาคม	-	20	-	15
	ผินแจ่มวิชาสอน	-	-	25	-
รวม	100	160	100	315	

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

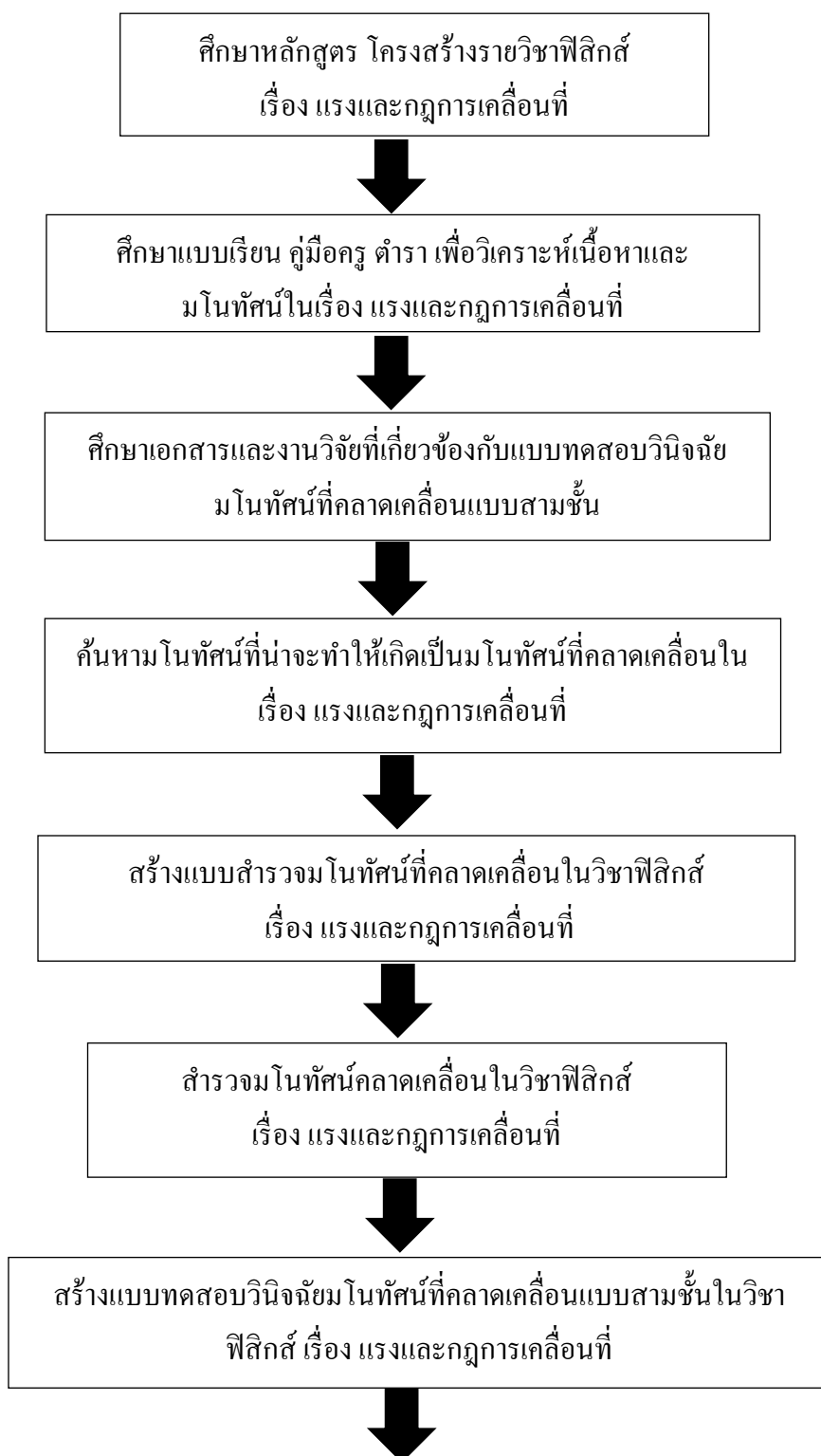
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้ามี ดังนี้

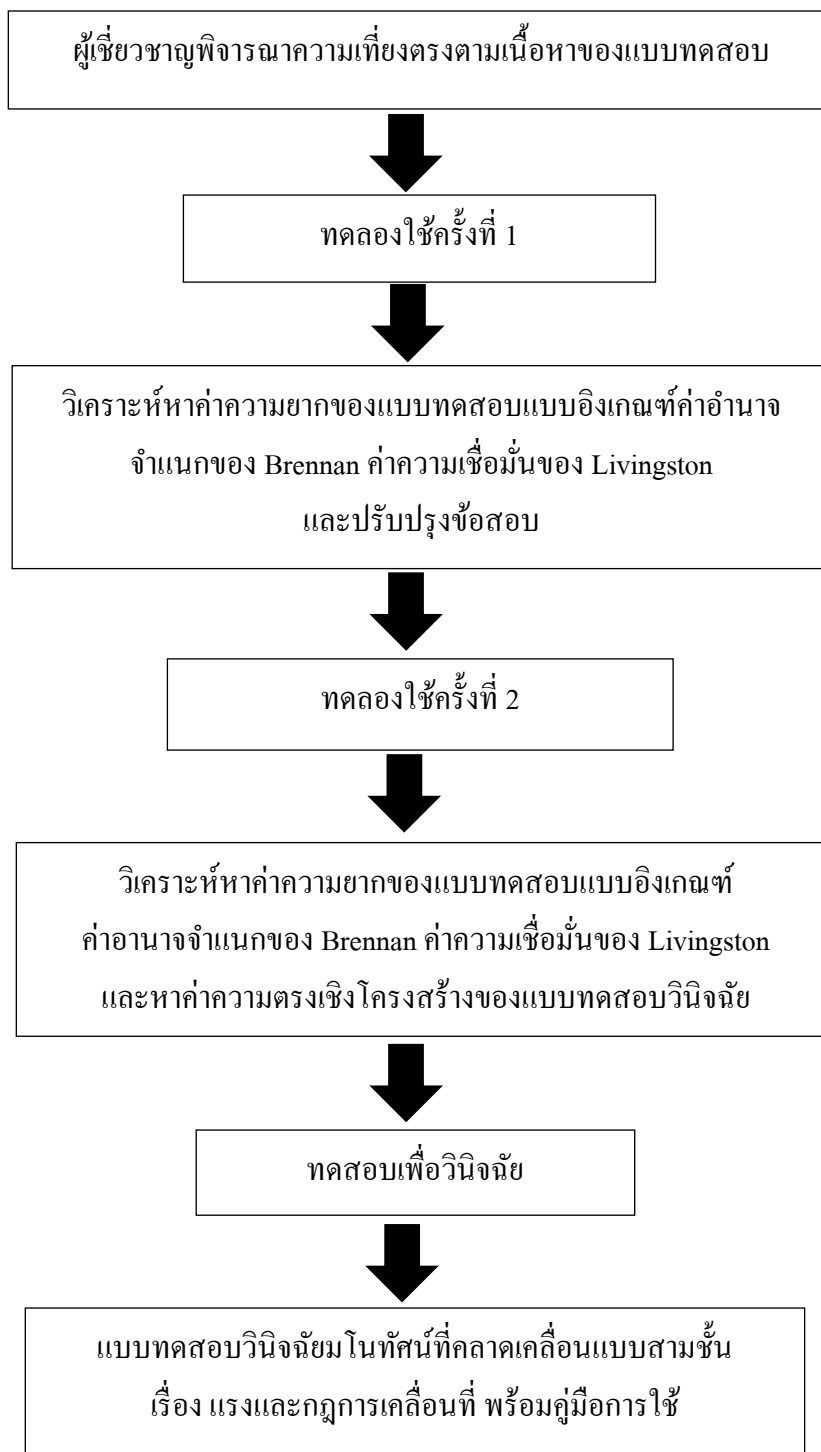
1. แบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยมีลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบเติมคำลงในช่องว่าง พร้อมบอกเหตุผลประกอบการตอบ หรือแสดงวิธีคิด เพื่อใช้ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่จำนวน 20 ข้อ

2. แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น โดยมีลักษณะของแบบทดสอบ ประกอบไปด้วย 3 ชั้น ชั้นที่หนึ่ง เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยคำถามได้มาจากแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และตัวลงได้มาจากการรวบรวมคำตอบผิดของนักเรียนในแบบสำรวจเช่นกัน ชั้นที่สอง เป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนการตอบชั้นที่หนึ่ง มีลักษณะเป็นตัวเลือก 4 ตัวเลือก โดยมีเหตุผลที่ถูกต้องเพียงเหตุผลเดียว นอกจากนั้นเป็นตัวลงที่ได้มาจากการรวบรวมเหตุผลที่ผิดที่นักเรียนตอบในแบบสำรวจ และชั้นที่สาม เป็นการยืนยันคำตอบในสองชั้นแรกว่า มั่นใจในคำตอบหรือไม่

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วิธีดำเนินการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้น ดังภาพที่ 5





ภาพที่ 5 ลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ มีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการรวบรวมข้อมูลรายละเอียดต่อไป

1. ศึกษาหลักสูตร โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เพื่อทราบขอบเขตเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแบบทดสอบ
2. ศึกษาแบบเรียน คู่มือครู ตำรา เพื่อวิเคราะห์เนื้อหา และมโนทัศน์ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เพื่อนำมาสร้างเป็นแบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น
4. ค้นหามโนทัศน์ที่น่าจะทำให้เกิดเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ และสัมภาษณ์ครูที่มีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสำรวจวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับนักเรียน
5. สร้างแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยแบบสำรวจเป็นแบบทดสอบแบบเขียนแสดงคำตอบ พร้อมบอกเหตุผลประกอบการตอบ หรือแสดงวิธีคิด

ตารางที่ 5 มโนทัศน์ที่ใช้ในการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

มโนทัศน์	จำนวนข้อ
แรง	2
การหาแรงลัพธ์	1
กฎการเคลื่อนที่	8
น้ำหนักของวัตถุนั้น	2
กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	3
แรงเสียดทาน	3
การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้	1
รวม	20

6. นำแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนชลราษฎรอำรุง โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา โรงเรียนนิคมวิทยา และโรงเรียนคลองก้อยวิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 100 คน

7. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูที่มีประสบการณ์สอนวิชาฟิสิกส์ และจากแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในข้อที่นักเรียนส่วนมากตอบผิดหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยได้มาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละชั้น ดังนี้

แต่ละข้อมีการให้คะแนน โดยแบ่งการให้คะแนนเป็น ดังนี้

1. คะแนนชั้นที่ 1 (*FT*) ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นแรก ถ้านักเรียนตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด 0 คะแนน
2. คะแนนชั้นที่ 2 (*ST*) คะแนนในชั้นที่ 2 ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นที่ 2 ถ้านักเรียนตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด 0 คะแนน
3. คะแนนชั้นที่ 3 (*TT*) คะแนนในชั้นที่ 3 ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นที่ 3 ถ้านักเรียนตอบ “มั่นใจ” ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบ “ไม่มั่นใจ” ได้ 0 คะแนน
4. คะแนนชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (*BT*) ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 จะได้ 1 คะแนน
5. คะแนนจากทั้งสามชั้น (*AT*) ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 และตอบมั่นใจในชั้นที่ 3 จะได้คะแนน 1 คะแนน

การแปลผลจากการตอบแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ชั้น ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น และการแปลผล

ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	แปลผล	หมายเหตุ
ถูก	ถูก	มั่นใจ	มโนทัศน์ถูกต้อง	
ถูก	ผิด	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ทางบวก
ผิด	ถูก	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ทางลบ
ผิด	ผิด	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	
ถูก	ถูก	ไม่มั่นใจ	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น	
ถูก	ผิด	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้	
ผิด	ถูก	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้	
ผิด	ผิด	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้	

ที่มา Milenkovic et al. (2016)

8. นำแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นที่สร้างขึ้น ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัตถุ 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ 3 ท่าน พิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency: IOC) โดยคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

9. แก้ไข ปรับปรุงแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

10. นำแบบทดสอบวินิจฉัยไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพรายข้อ และตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 160 คน นำผลการทดสอบมา ตรวจสอบคุณภาพรายข้อ หาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 โดยมีเกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก ดังตารางที่ 7 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185) และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยมีเกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก ดังตารางที่ 8 (Brennan et al., 1974, pp. 244-261) ส่วนข้อสอบที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์นำไปปรับปรุง และตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ โดยการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีการหาความเชื่อมั่นจากสูตรของลิวินสตัน เนื่องจากการทดสอบเพียงครั้งเดียว และหาค่าคะแนน จุดตัดตามวิธีของแองกอฟฟ์ (Angoff) เพื่อใช้ในการตัดสินการผ่านหรือไม่ผ่านเกณฑ์ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 ท่าน พิจารณาข้อสอบ

ถึงความน่าจะเป็นในการตอบถูกทั้งสามขั้นของผู้ที่มีความรู้ แล้วหาค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้น เป็นคะแนนจุดตัด

ตารางที่ 7 เกณฑ์การพิจารณาค่าความยาก

ดัชนีค่า p	ความหมาย
มากกว่า 0.80	ง่ายมาก (ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60-0.80	ค่อนข้างง่าย
0.40-0.59	ปานกลาง
0.20-0.39	ค่อนข้างยาก
ต่ำกว่า 0.20	ยากมาก (ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

ที่มา สมนึก ภัททิยธนี (2553, หน้า 212)

ตารางที่ 8 เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก

ค่า B-index	หมายความว่าข้อสอบนั้นสามารถ
+1.00	จำแนกผู้รอบรู้/ ไม่รอบรู้/ ได้ถูกต้องทุกคน
0.50-0.99	จำแนกผู้รอบรู้/ ไม่รอบรู้/ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
0.20-0.49	จำแนกผู้รอบรู้/ ไม่รอบรู้/ ได้ถูกต้องบางส่วน
0.00-0.19	จำแนกผู้รอบรู้/ ไม่รอบรู้/ ได้ถูกต้องน้อยมาก
ติดลบ	จำแนกผู้รอบรู้/ ไม่รอบรู้/ ตรงข้ามกับความตรง

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

11. นำแบบทดสอบวินิจฉัยที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้แบบทดสอบวินิจฉัย ครั้งที่ 2 กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน

12. นำข้อสอบที่ผ่านการหาคุณภาพ มาหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยวิธีการหาความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างขั้นที่ 1 ร่วมกับขั้นที่ 2 (BT) กับคะแนนขั้นที่ 3 (TT) (Cataloglu, 2002)

13. นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ที่ 3 เพื่อใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 315 คน

14. แปลผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

15. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ใช้สามารถดำเนินการวินิจฉัยตามความมุ่งหมายของผู้วิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อขอความร่วมมือในการทำแบบทดสอบและนัดวัน เวลาในการทำแบบทดสอบ
2. จัดเตรียมข้อสอบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแบบทดสอบให้พร้อมและเพียงพอสำหรับการทดสอบในแต่ละครั้ง
3. ขอความร่วมมือครูประจำวิชาช่วยดูแล กวดขัน ให้นักเรียนทำแบบทดสอบด้วยความตั้งใจ ไม่ลอกคำตอบ
4. ดำเนินการสอบโดยแจ้งวัตถุประสงค์ของการสอบและอธิบายคำชี้แจงในการสอบให้นักเรียนทุกคนเข้าใจ กำชับให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการทำแบบทดสอบวินิจฉัยแล้วดำเนินการสอบตามแบบทดสอบ โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้
 - 4.1 นำแบบทดสอบสำรวจไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน เพื่อสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียน ข้อบกพร่องและรวบรวมคำตอบผิด
 - 4.2 นำแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นไปทดลองใช้
 - 4.3 นำแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น ที่ผ่านการทดลองใช้ทั้ง 2 ครั้ง มาใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 315 คน

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์และแจกแจงความถี่คำตอบผิดของนักเรียนในการตอบแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
2. หาคุณภาพของแบบทดสอบรายชื่อ
 - 2.1 ค่าความยากของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น
 - 2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น
3. หาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ
 - 3.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น

- 3.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวินิจัยแบบสามชั้น
- 3.3 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจัยแบบสามชั้น
- 3.4 หาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบ
4. หาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5. วินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
6. จัดทำคู่มือการใช้งานแบบทดสอบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ค่าความยากของแบบทดสอบ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 196)

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

เมื่อ p แทน ดัชนีค่าความยากง่าย

R แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูก

N แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบทั้งหมด

3. ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ สูตรของเบรนนัน (Brennan) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 198)

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

เมื่อ B แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

U แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกของกลุ่มที่สอบผ่านเกณฑ์

L แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกของกลุ่มที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

n_1 แทน จำนวนนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์

n_2 แทน จำนวนนักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์

4. ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ

- 4.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ ใช้สูตรของโรวินลลี และแฮมเบลตัน (ล้วน สายยศ และอังคณา 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 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบ

4.2.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 259)

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

5. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว การหาค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว ความเชื่อมั่นจากสูตรของ ลิวิงสตัน (Livingston, 1972 อ้างถึงใน 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

6. คะแนนจุดตัดในการวินิจฉัย กำหนดคะแนนจุดตัดเพื่อใช้ในการวินิจฉัยจุดบกพร่องในการทำแบบทดสอบ โดยคำนวณตามวิธีของแองกอฟฟ์ (Angoff) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชานั้น โดยพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อว่า ผู้ที่มีความรู้มีค่าความน่าจะเป็น (โอกาสที่จะตอบถูก) ในการตอบถูกข้อนั้นอย่างน้อยเท่าไร แล้วหาค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นเป็นคะแนนจุดตัด) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 270)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นในด้านความยาก อำนาจจำแนก ความตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ และสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายในการวิเคราะห์ข้อมูล จึงได้กำหนดสัญลักษณ์ และตัวอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

p	แทน	ค่าความยากของข้อสอบ
B	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
k	แทน	จำนวนข้อสอบแต่ละฉบับ
r_{cc}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
SD	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
\bar{X}	แทน	คะแนนเฉลี่ย
FT	แทน	ชั้นที่ 1
ST	แทน	ชั้นที่ 2
TT	แทน	ชั้นที่ 3
BT	แทน	ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2
AT	แทน	ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้
ตอนที่ 1 การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย

ตอนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย

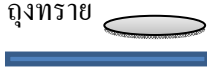
ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยผู้วิจัยได้ทำการสำรวจ เพื่อหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ของนักเรียนโดยสร้างแบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยมีลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบเขียนแสดงคำตอบ พร้อมบอกเหตุผลประกอบการตอบ หรือแสดงวิธีคิด เพื่อใช้ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จำนวน 20 ข้อ

นำแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน นำผลการทดสอบสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียนมาวิเคราะห์เพื่อรวบรวมคำตอบผิด และ ค้นหา มโนทัศน์ที่คลาด ในการตอบผิดนั้น เพื่อคัดเลือกคำตอบที่ตอบผิดมาสร้างเป็นตัวลงในแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องแรง และกฎการเคลื่อนที่

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
1. ความหมายของแรง (แรง มี ความหมายว่าอย่างไร)	การกระทำที่ก่อให้เกิดวัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่	- แรงคือพลังงาน	10
		- แรงเป็นปริมาณสเกลาร์	5
		- ที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือทิศทาง	15
		- แรงเป็นสิ่งที่กระทบต่อวัตถุ	8
		- สิ่งที่อยู่รอบตัวและกระทำต่อบางสิ่งบางอย่าง	5
2. วิเคราะห์การเกิดแรง (จากรูป มีแรงกระทำต่อ)	มีแรงกระทำต่ออุทราห 2 แรง ได้แก่ แรงโน้มถ่วง และแรงปฏิกิริยากระทำกับอุทราห	- สิ่งที่ทำให้วัตถุเคลื่อนไหว	4
		- ไม่มีแรงกระทำต่ออุทราห เพราะอุทราหไม่เคลื่อนการเคลื่อนที่	28
		- เกิดแรงที่กระทำต่ออุทราห 1 แรง คือ แรงโน้มถ่วง	15

ตารางที่ 9 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
อุทราภัยที่แรง อะไรบ้าง)		- เกิดแรงที่กระทำต่ออุทราภัยหลายแรง คือ แรงโน้มถ่วง และแรงใด ๆ ก็ได้	7
อุทราภัย 		- มีแรงกระทำต่ออุทราภัยมากกว่าหนึ่ง แรงและหักล้างกันเป็นศูนย์	8
3. การหาแรงลัพธ์ (แรงขนาด 3 นิวตัน และ 4 นิวตันกระทำ ต่อวัตถุก้อน เดียวกันแรงลัพธ์ ที่มีขนาดน้อยที่สุด และมากที่สุด มีค่าเท่าใด)	1 นิวตัน และ 7 นิวตัน	- 5 นิวตัน และ 7 นิวตัน - 1 นิวตัน และ 5 นิวตัน - 7 นิวตัน และ $\sqrt{5}$ นิวตัน - 1 นิวตัน และ $\sqrt{5}$ นิวตัน	7 14 11 9
4. อธิบายสถานการณ์ เพื่อนำไปสรุป กฎการเคลื่อนที่ ข้อที่หนึ่งของ นิวตัน (เมื่อหยุด รถทันทีทันใด ผู้โดยสารจะ โยกตัวไปข้างหน้า สถานการณ์นี้ สอดคล้องกับกฎ การเคลื่อนที่ใด)	กฎข้อที่ 1	- กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน - กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน - กฎของแรงดึงดูดระหว่างมวล - กฎของแรงโน้มถ่วง	8 38 5 3
5. การใช้กฎ การเคลื่อนที่ข้อ ที่หนึ่งของนิวตัน อธิบายสถานการณ์ ในชีวิตประจำวัน	- รถยนต์จอดนิ่งอยู่กับที่ - รถยนต์เคลื่อนที่ด้วย ความเร็วคงที่ - รถยนต์ไม่เปลี่ยนสภาพ การเคลื่อนที่	- วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ - การผลักหรือดึงวัตถุ - โยนบอลใส่กำแพงแล้วดีดออกมา ด้วยความเร็วเท่าเดิม - ผลไม้หล่นจากต้น	6 7 7 6

ตารางที่ 9 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
(จงยกตัวอย่าง สถานการณ์ที่ สอดคล้องกับ กฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 1 ของนิวตัน)			
6. ความเฉื่อยของวัตถุ	ความเฉื่อย คือ การต้าน	- ความเร่งติดลบ	16
(จงอธิบาย ความเฉื่อยของ วัตถุ)	การเปลี่ยนแปลงสภาพ การเคลื่อนที่ของวัตถุ	- ความเร็วลดลง - สิ่งที่ต้านให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลง - แรงที่ทำให้วัตถุหยุดนิ่ง - แรงที่ทำตรงข้ามกับแรงที่ทำให้วัตถุ เคลื่อนที่ช้าลง	11 9 3 7
7. ความหมายของ มวล (มวล มี ความหมายว่า อย่างไร)	มวลเป็นคุณสมบัติ ของวัตถุ ไม่ขึ้นกับ สิ่งแวดล้อม วิธีวัด และ เป็นการวัดสมบัติของ ความเฉื่อย	- ค่าน้ำหนักของวัตถุ - ค่าของสิ่ง ๆ หนึ่ง - แรงที่โลกดึงดูดวัตถุนั้น - น้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง - น้ำหนักที่ไม่หายไปไหน - ตัวชี้วัดของการเคลื่อนที่	20 5 8 6 5 4
8. ความสัมพันธ์ ระหว่างมวลกับ ความเร่ง (จาก กฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 2 สามารถ อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่างมวลกับ ความเร่งได้ว่า อย่างไร)	เมื่อมวลมีค่าคงที่ ขนาด ของความเร่งจะแปรผัน ตรงกับแรงลัพธ์	- มวลคงที่ ความเร่งคงที่ - มวลคงที่ ความเร่งไม่คงที่ - มวลคงที่ ความเร่งจะเพิ่มขึ้น - มวลคงที่ ความเร่งเป็นศูนย์ - มวลคงที่ ความเร่งจะเท่ากับแรงลัพธ์ - มวลคงที่ ความเร่งจะแปรผกผันกับ แรงลัพธ์	6 4 12 8 3 8

ตารางที่ 9 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
9. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับความเร่ง (จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับความเร่งได้อย่างไร)	เมื่อแรง F มีค่าคงที่ ความเร่ง a จะแปรผกผันกับขนาดของมวล m	- แรงคงที่ ความเร่งเป็นศูนย์ - แรงคงที่ ความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของมวล - แรงไม่คงที่ ความเร่งและมวลจะแปรผันตรงกับขนาดของแรง	10 7 5
10. วิเคราะห์สถานการณ์ เพื่อนำไปสรุปเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน (จงยกตัวอย่างสถานการณ์ที่สอดคล้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน)	- การตอกตะปูลงไป ในเนื้อไม้ - การชักเย่อ - แรงที่จรวดผลักเท่ากับแรงที่ผลักจรวด - ตะลูกบอกล้อดำแพง	- ผู้โดยสารลื่นไปข้างหน้า เมื่อรถหยุดกระทันหัน - เมื่อรถเลี้ยว เราจะเอนตัวไปด้านข้าง - ผลไม้ตกจากต้น	14 8 3
11. แรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา (“หนังสือฟิสิกส์วางนิ่งอยู่บนโต๊ะ” จากสถานการณ์นี้ จงวิเคราะห์แรงกิริยา-ปฏิกิริยา)	- มีแรงกิริยา-ปฏิกิริยา 3 คู่แรง ได้แก่ น้ำหนักของหนังสือ-แรงที่หนังสือดึงดูดโลก, แรงที่หนังสือกระทำต่อโต๊ะ-แรงที่โต๊ะกระทำต่อหนังสือ, แรงที่โต๊ะกระทำต่อพื้น-แรงที่พื้นกระทำต่อโต๊ะ	- แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา คือ น้ำหนักของหนังสือ-แรงดึงดูด - แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา คือ น้ำหนักของหนังสือ-แรงดึงดูด, แรงที่หนังสือกระทำกับ โต๊ะ-แรงที่โต๊ะกระทำกับหนังสือ - แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา คือ แรงที่โต๊ะกระทำกับพื้น-แรงที่พื้นกระทำกับโต๊ะ, แรงที่หนังสือกระทำกับ โต๊ะ-แรงที่โต๊ะกระทำกับหนังสือ	17 6 7

ตารางที่ 9 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
12. ความหมาย ของน้ำหนัก (จงอธิบาย ความหมายของ น้ำหนัก)	น้ำหนัก คือ แรงที่โลก ดึงดูดวัตถุ	- มวล	15
		- ค้ำคองที่ของวัตถุ	7
		- ค่าที่อ่านจากเครื่องชั่งน้ำหนัก	4
		- ขนาดของวัตถุ	3
		- มีหน่วยเป็นกรัม กิโลกรัม ตัน ฯลฯ	3
13. น้ำหนักของวัตถุ (น้ำหนักวัตถุมวล m เมื่ออยู่บนผิว โลกมีขนาดเท่ากับ mg เมื่อย้ายวัตถุ มวล m ไปที่ผิว ดาวดวงอื่นที่มี ความเร่งเท่ากับ k วัตถุนั้นจะมี น้ำหนักเป็น อย่างไร)	น้ำหนักของวัตถุ คือ mk เพราะน้ำหนักของ วัตถุคือ ขนาดของแรง โน้มถ่วงที่กระทำต่อ วัตถุ	- น้ำหนักของวัตถุ คือ m เพราะ น้ำหนักของวัตถุมีค่าคงที่	6
		- น้ำหนักของวัตถุเป็น $\frac{mg}{k}$ เพราะ บนดาวมีความเร่ง k	5
		- น้ำหนักจะลดลง เพราะดาวแต่ละดวง มีแรงดึงดูดไม่เท่ากัน	3
		- น้ำหนักของวัตถุจะมีค่าเป็น $\frac{F}{k}$ เพราะ mg คือ แรง	4
14. แรงดึงดูดระหว่าง มวลของนิวตัน (จงอธิบายแรง ดึงดูดระหว่าง มวล)	มวลวัตถุ 2 ก้อนใด ๆ จะออกแรงดึงดูดซึ่งกัน และกันเสมอ ซึ่งเป็นแรง ระหว่างศูนย์กลางมวล ของแต่ละก้อน โดยแรง แปรผันตรงกับมวล และ แปรผกผันกับกำลังสอง ของระยะทางระหว่าง มวลทั้งสอง	- แรงดึงดูดระหว่างมวล คือ แรงดึงดูด ระหว่างโมเลกุล	9
		- แรงดึงดูดระหว่างมวลจะเกิดขึ้นกับ วัตถุที่มีมวลบนโลกเท่านั้น	5
		- แรงดึงดูดระหว่างมวลจะเกิดขึ้นกับ วัตถุที่มาอยู่ใกล้กัน	3
		- แรงดึงดูดระหว่างมวล ขนาดของแรง เท่ากัน ทิศทางเดียวกัน	6
15. สนามโน้มถ่วง และแรงโน้มถ่วง (จงอธิบายว่าแรง	สนามโน้มถ่วงทำให้เกิด แรงดึงดูดกระทำต่อมวล ของวัตถุ เรียกแรงดึงดูด	- แรงโน้มถ่วง คือ สนามโน้มถ่วง	18
		- แรงโน้มถ่วงมีทิศพุ่งเข้าหาสนาม โน้มถ่วง	11

ตารางที่ 9 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
โน้มถ่วงมี ความสัมพันธ์กับ สนามโน้มถ่วง อย่างไร)	นี่ว่าแรงโน้มถ่วง	- ค่าของสนามโน้มถ่วงโลกเท่ากับ ค่าแรงโน้มถ่วง	15
16. สภาพไร้น้ำหนัก (จงอธิบายสภาพ ไร้น้ำหนัก)	สภาพที่เหมือนไม่มีแรง ดึงดูดของโลกกระทำ ต่อวัตถุ	- สภาพที่วัตถุไม่มีมวล - แรงโน้มถ่วงมีค่าเท่ากับแรงที่กระทำ ต่อวัตถุ - แรงลัพธ์ที่มากกระทำเป็นศูนย์ - สภาพที่ไม่มีความเร่ง	14 16 9 8 3
17. การเคลื่อนที่ของ วัตถุนบนพื้นผิวที่มี แรงเสียดทาน (จงอธิบาย การเคลื่อนที่ของ วัตถุนบนพื้นผิวที่มี แรงเสียดทาน)	แรงเสียดทานเป็นแรง ต้านการเคลื่อนที่ของ วัตถุ มีผลทำให้วัตถุ เคลื่อนที่ช้าลง ขนาด ของแรงเสียดทานจะ มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ ชนิดของคู่วัตถุที่สัมผัส กัน และน้ำหนักของ วัตถุที่กดตั้งฉากกับ พื้นผิวหนึ่งเป็นหลัก	- แรงเสียดทานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ขนาดหรือพื้นที่ของผิวสัมผัส - แรงเสียดทานขึ้นกับความเร็วที่วัตถุ เคลื่อนที่ - แรงเสียดทานเกิดขึ้นเฉพาะตอนที่วัตถุ เคลื่อนที่	7 5 11
18. แรงเสียดทาน สถิตและแรง เสียดทานจลน์ (แรงเสียดทาน สถิตและแรง เสียดทานจลน์ แตกต่างกัน อย่างไร)	แรงเสียดทานสถิต คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้น ในขณะที่มีแรงมา กระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุ ยังอยู่นิ่งกับที่ ซึ่งจะมีค่า ตั้งแต่ศูนย์จนถึงค่ามาก ที่สุด ซึ่งค่าที่มากที่สุด จะเกิดขณะที่วัตถุเริ่มจะ เคลื่อนที่แรงเสียดทาน จลน์ คือ แรงเสียดทาน	- แรงเสียดทานสถิตเกิดขึ้นเพียง ระยะเวลาหนึ่ง แรงเสียดทานจลน์ มีความเร็ว - แรงเสียดทานสถิตจะสะสมตอนวัตถุ เคลื่อนที่ แรงเสียดทานจลน์ทำให้เกิด แรงเสียดทาน - แรงเสียดทานสถิต คือ แรงที่ทำให้ วัตถุอยู่นิ่ง ไม่เคลื่อนที่ แรงเสียดทาน จลน์ คือ แรงที่ทำให้วัตถุเกิด การเคลื่อนที่	6 4 6

ตารางที่ 9 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
	ที่เกิดขึ้นในขณะที่มีแรง มากกระทำต่อวัตถุแล้ว วัตถุเคลื่อนที่ด้วย ความเร็วคงที่ โดยแรง เสียดทานจลน์จะมีค่า น้อยกว่าแรงเสียดทาน สถิต		
19. แรงเสียดทานใน สถานการณ์ต่าง ๆ (เมื่อวางกล่อง ใบหนึ่งใบพื้นเอียง ซึ่งมีมุมเอียงค่า หนึ่งเทียบกับ แนวระดับ พบว่า หลังจากการวาง กล่องอยู่ในสภาพ หยุดนิ่ง ไม่เคลื่อนที่ หรือไถลลงจาก พื้นเอียง จงใช้หลัก ของแรงเสียดทาน อธิบายสถานการณ์ ดังกล่าว)	แรงเสียดทานสถิตมีค่า เท่ากับแรงโน้มถ่วงใน แนวองค์ประกอบพื้น เอียงสาเหตุที่กล่องไม่ เคลื่อนที่เพราะแรงเสียด ทานมีค่าเท่ากับ องค์ประกอบของแรง โน้มถ่วง กล่องจึงอยู่ใน สมดุล	- ไม่มีแรงเสียดทานเกิดขึ้นเพราะว่า กล่องไม่เคลื่อนที่ - แรงเสียดทานมีค่ามากกว่าน้ำหนัก ของกล่อง เนื่องจากแรงเสียดทาน ด้านการเคลื่อนที่ของกล่อง - แรงเสียดทานที่กระทำต่อกล่อง คือ แรงเสียดทานจลน์ เพราะแรงเสียด ทานจลน์ คือ แรงเสียดทาน ที่ด้านการเคลื่อนที่	15 7 8
20. การนำกฎ การเคลื่อนที่ ของนิวตันไป ประยุกต์ใช้ (กล่องวางอยู่บน รถที่กำลังเคลื่อนที่ เมื่อรถหยุดอย่าง	กล่องจะกระเด็นที่ไป ข้างหน้า เพราะ กล่องรักษาสภาพ การเคลื่อนที่ตามกฎ การเคลื่อนที่ข้อที่ 1	- กล่องหยุดนิ่ง เพราะกล่องวางอยู่บนรถ เมื่อรถหยุด กล่องจึงไม่เคลื่อนที่ - กล่องกระเด็นมาหลังรถ เพราะเมื่อ รถเบรกก้อนจึงไถลมาอยู่หลังรถ ตามหลักของความเฉื่อย - กล่องกระเด็น ไปทิศตรงข้าม การเคลื่อนที่ เนื่องจากแรงปฏิกิริยา	7 13 10

ตารางที่ 9 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่
กระแทนหัน กล่อง จะมีการเคลื่อนที่ อย่างไร เพราะ เหตุใด)		- กล่องกระเด็นตามทิศแรงโน้มถ่วง ของรถ	3

จากตารางที่ 9 สรุปรวมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ได้นำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากคำตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิด มาสร้างเป็นแบบทดสอบ วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น จำนวน 20 ข้อ โดยที่ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยที่แบบสามชั้นสร้างขึ้น ชั้นที่หนึ่งเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยคำถามได้มาจากแบบสำรวจที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิด และตัวลวงได้มาจากการรวบรวมคำตอบผิดของนักเรียนในแบบสำรวจเช่นกัน ชั้นที่สอง เป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนการตอบชั้นที่หนึ่ง มีลักษณะเป็นตัวเลือก 4 ตัวเลือก โดยมีเหตุผลที่ถูกต้องเพียงเหตุผลเดียว นอกจากนั้นเป็นตัวลวงที่ได้มาจากการรวบรวมเหตุผลที่ผิดที่นักเรียนตอบในแบบสำรวจ และชั้นที่สาม เป็นการยืนยันคำตอบในสองชั้นแรกว่ามั่นใจในคำตอบหรือไม่ โดยในบางข้อที่คำตอบไม่ชัดเจน ได้สัมภาษณ์ครูผู้สอน และนักเรียนเพิ่มเติม ทำให้ทราบถึงข้อบกพร่องต่าง ๆ

ตอนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

2.1 นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นที่สร้างขึ้นไป

ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับมโนทัศน์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 แสดงว่า แบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นมีความตรงเชิงเนื้อหา ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวินิจฉัยกับมโนทัศน์

ข้อ	มโนทัศน์	ค่าเฉลี่ยผลการพิจารณา	ผลการพิจารณา
1	ความหมายของแรง	1.00	สอดคล้อง
2	วิเคราะห์การเกิด	1.00	สอดคล้อง
3	การหาแรงลัพธ์	1.00	สอดคล้อง
4	อธิบายสถานการณ์เพื่อนำไปสรุป กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	1.00	สอดคล้อง
5	การใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันอธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน	1.00	สอดคล้อง
6	ความเฉื่อยของวัตถุ	1.00	สอดคล้อง
7	ความหมายของมวล	1.00	สอดคล้อง
8	ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง	1.00	สอดคล้อง
9	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับความเร่ง	1.00	สอดคล้อง
10	วิเคราะห์สถานการณ์เพื่อนำไปสรุป เป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	1.00	สอดคล้อง
11	แรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา	1.00	สอดคล้อง
12	ความหมายของน้ำหนัก	1.00	สอดคล้อง
13	น้ำหนักของวัตถุ	1.00	สอดคล้อง
14	แรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	1.00	สอดคล้อง
15	สนามโน้มถ่วงและแรงโน้มถ่วง	1.00	สอดคล้อง
16	สภาพไร้น้ำหนัก	1.00	สอดคล้อง
17	การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นผิวที่มีแรงเสียดทาน	1.00	สอดคล้อง
18	แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์	1.00	สอดคล้อง
19	แรงเสียดทานในสถานการณ์ต่าง ๆ	1.00	สอดคล้อง

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ข้อ	มโนทัศน์	ค่าเฉลี่ยผลการพิจารณา	ผลการพิจารณา
20	การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ไปประยุกต์ใช้	1.00	สอดคล้อง
	เฉลี่ย	1.00	สอดคล้อง

2.2 การตรวจสอบคุณภาพรายข้อ ได้นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่กลาดเคลื่อนไปทดสอบกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 160 คน เพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพรายข้อ หาค่าความยากจากสัดส่วนของคนตอบถูก และหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยใช้สูตรดัชนีอำนาจจำแนกบี ของเบรนนัน ได้ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบจากแบบทดสอบวินิจฉัย ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าความยากแบบทดสอบวินิจฉัยยืมโน้ตสนั้ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1

ข้อ	<i>FT</i>	แปลผล	<i>ST</i>	แปลผล	<i>TT</i>	แปลผล	<i>BT</i>	แปลผล	<i>AT</i>	แปลผล
1	0.22	ค่อนข้างยาก	0.27	ค่อนข้างยาก	0.61	ค่อนข้างยาก	0.09*	ยากมาก	0.06*	ยากมาก
2	0.57	ปานกลาง	0.56	ปานกลาง	0.76	ค่อนข้างง่าย	0.49	ปานกลาง	0.39	ค่อนข้างยาก
3	0.86*	ง่ายมาก	0.54	ปานกลาง	0.84*	ง่ายมาก	0.48	ปานกลาง	0.46	ปานกลาง
4	0.45	ปานกลาง	0.52	ปานกลาง	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.37	ค่อนข้างยาก	0.29	ค่อนข้างยาก
5	0.76	ค่อนข้างง่าย	0.34	ค่อนข้างยาก	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.26	ค่อนข้างยาก	0.21	ค่อนข้างยาก
6	0.33	ค่อนข้างยาก	0.36	ค่อนข้างยาก	0.49	ปานกลาง	0.16*	ยากมาก	0.09*	ยากมาก
7	0.36	ค่อนข้างยาก	0.48	ปานกลาง	0.61	ค่อนข้างง่าย	0.33	ค่อนข้างยาก	0.23	ค่อนข้างยาก
8	0.74	ค่อนข้างง่าย	0.23	ค่อนข้างยาก	0.61	ค่อนข้างง่าย	0.19*	ยากมาก	0.10*	ยากมาก
9	0.55	ปานกลาง	0.49	ปานกลาง	0.59	ค่อนข้างง่าย	0.38	ค่อนข้างยาก	0.29	ค่อนข้างยาก
10	0.56	ปานกลาง	0.56	ปานกลาง	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.53	ปานกลาง	0.42	ปานกลาง
11	0.39	ค่อนข้างยาก	0.48	ปานกลาง	0.49	ปานกลาง	0.28	ค่อนข้างยาก	0.18*	ยากมาก
12	0.51	ปานกลาง	0.55	ปานกลาง	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.43	ปานกลาง	0.29	ค่อนข้างยาก
13	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.71	ค่อนข้างง่าย	0.66	ค่อนข้างง่าย	0.57	ปานกลาง	0.48	ปานกลาง
14	0.66	ค่อนข้างง่าย	0.41	ปานกลาง	0.46	ปานกลาง	0.30	ค่อนข้างยาก	0.17*	ยากมาก

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ข้อ	<i>FT</i>	แปลผล	<i>ST</i>	แปลผล	<i>TT</i>	แปลผล	<i>BT</i>	แปลผล	<i>AT</i>	แปลผล
15	0.62	ค่อนข้างง่าย	0.51	ปานกลาง	0.41	ปานกลาง	0.44	ปานกลาง	0.19*	ยากมาก
16	0.10*	ยากมาก	0.30	ค่อนข้างยาก	0.58	ปานกลาง	0.01*	ยากมาก	0.01*	ยากมาก
17	0.42	ปานกลาง	0.40	ปานกลาง	0.54	ปานกลาง	0.23	ค่อนข้างยาก	0.16*	ยากมาก
18	0.42	ปานกลาง	0.56	ปานกลาง	0.53	ปานกลาง	0.25	ค่อนข้างยาก	0.18*	ยากมาก
19	0.52	ปานกลาง	0.53	ปานกลาง	0.54	ปานกลาง	0.37	ค่อนข้างยาก	0.26	ค่อนข้างยาก
20	0.48	ปานกลาง	0.56	ปานกลาง	0.68	ค่อนข้างง่าย	0.43	ปานกลาง	0.38	ค่อนข้างยาก

หมายเหตุ: * หมายถึง ค่าความยากไม่ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 11 แบบทดสอบวินิจฉัยสัมโนทัศน์ที่ตลาดเคลื่อน มีข้อสอบ จำนวน 20 ข้อ
ชั้นที่ 1 (*FT*) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.10-0.86 ชั้นที่ 2 (*ST*) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.27-0.71 ชั้นที่ 3 (*TT*)
มีค่าความยากตั้งแต่ 0.41-0.84 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (*BT*) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.01-0.57 ชั้นที่ 1
ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (*AT*) มีค่าความยาก 0.01-0.48 คัดเลือกข้อสอบชั้นที่ 1 (*FT*) และชั้นที่ 2
(*ST*) มีความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 ส่วนข้อสอบชั้นที่ 1 (*FT*) และชั้นที่ 2 (*ST*) ที่มีค่าความยากน้อยกว่า
0.20 และมากกว่า 0.80 ได้นำไปปรับปรุง ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1

ข้อ	<i>FT</i>	แปลผล	<i>ST</i>	แปลผล	<i>TT</i>	แปลผล	<i>BT</i>	แปลผล	<i>AT</i>	แปลผล
1	0.19*	จำแนกได้ถูกต้อง น้อยมาก	0.35	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.43	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.26	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.33	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน
2	0.29	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.08*	จำแนกได้ถูกต้อง น้อยมาก	0.30	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.33	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.54	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
3	0.18*	จำแนกได้ถูกต้อง น้อยมาก	0.36	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.28	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.53	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.72	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
4	0.52	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.52	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.47	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.92	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.96	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
5	0.28	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.05*	จำแนกได้ถูกต้อง น้อยมาก	0.32	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.58	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.79	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
6	0.25	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.59	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.36	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.69	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.99	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
7	0.55	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.50	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.47	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.95	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.98	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
8	0.35	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.09*	จำแนกได้ถูกต้อง น้อยมาก	0.47	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.20	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.15*	จำแนกได้ถูกต้อง น้อยมาก

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ข้อ	<i>FT</i>	แปลผล	<i>ST</i>	แปลผล	<i>TT</i>	แปลผล	<i>BT</i>	แปลผล	<i>AT</i>	แปลผล
9	0.35	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.41	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.47	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.72	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.77	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
10	0.51	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.44	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.46	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.81	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.90	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
11	0.40	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.36	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.35	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.66	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.81	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
12	0.40	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.48	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.44	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.92	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.95	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
13	0.41	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.37	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.38	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.79	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.89	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
14	0.36	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.25	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.35	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.64	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.95	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
15	0.28	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.33	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.46	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.56	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.62	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
16	0.04*	จำแนกได้ถูกต้อง น้อยมาก	0.28	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.29	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.07*	จำแนกได้ถูกต้อง น้อยมาก	0.00*	จำแนกได้ถูกต้อง น้อยมาก

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ข้อ	<i>FT</i>	แปลผล	<i>ST</i>	แปลผล	<i>TT</i>	แปลผล	<i>BT</i>	แปลผล	<i>AT</i>	แปลผล
17	0.41	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.50	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.42	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.79	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.83	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
18	0.26	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.32	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.42	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.45	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.81	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
19	0.45	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.30	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.47	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.82	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.79	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
20	0.56	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.46	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.36	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.90	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.94	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่

หมายเหตุ: * หมายถึง ค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์


จากตารางที่ 12 แบบทดสอบวินิจฉัยขัณมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มีข้อสอบ จำนวน 20 ข้อ
 ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.04-0.56 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.05-0.52
 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.28-0.47 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าอำนาจจำแนก
 ตั้งแต่ 0.07-0.95 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าอำนาจจำแนก 0.00-0.99 คัดเลือก
 ข้อสอบคัดเลือกข้อสอบชั้นที่ 1 (FT) และชั้นที่ 2 (ST) ที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป
 ส่วนข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก น้อยกว่า 0.20 ได้นำไปปรับปรุง

2.3 ปรับปรุงแบบทดสอบวินิจฉัยขัณมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในข้อที่มีค่าความยาก
 ไม่ผ่านเกณฑ์ และข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งมีข้อสอบที่มีค่าความยากไม่ผ่านเกณฑ์
 จำนวน 2 ข้อ และข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 6 ข้อ ได้ทำการปรับปรุง
 ข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยปรึกษาผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
 และได้ทำการปรับปรุงข้อสอบ ดังนี้

ตารางที่ 13 รายละเอียดปรับปรุงข้อสอบหลังการทดลองใช้

ข้อ	มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับปรุง
1	ความหมาย ของแรง	1.1 แรงมีความหมายตรงกับข้อใด A. เป็นปริมาณเวกเตอร์ ที่กระทำต่อวัตถุ B. พลังงานที่กระทำต่อวัตถุให้หยุดนิ่งหรือ เคลื่อนที่ C. อันตรกิริยาที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพ การเคลื่อนที่ D. ปริมาณที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือทิศทาง 1.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ A. เพราะแรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลง ความเร็วได้ B. เพราะแรง คือ การผลักหรือการดึง ทำให้วัตถุเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง C. เพราะแรงเป็นพลังงาน อาจเป็นพลังงาน จากมนุษย์หรือเครื่องยนต์	1.1 แรงในทางฟิสิกส์มีความหมาย ตรงกับข้อใด A. เป็นปริมาณสเกลาร์ที่กระทำ ต่อวัตถุ B. พลังงานที่กระทำต่อวัตถุ ให้หยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ C. การกระทำที่ก่อให้เกิดวัตถุ เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ D. ปริมาณที่ทำให้วัตถุ เปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือทิศทาง 1.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ A. เพราะแรงสามารถทำให้วัตถุ เปลี่ยนแปลงความเร็วได้ B. เพราะแรงมีแต่ขนาดไม่มี ทิศทาง สามารถทำให้วัตถุ เคลื่อนที่ได้

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ข้อ	มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับปรุง
		D. เพราะเมื่อมีแรงกระทำกับวัตถุ วัตถุก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและทิศทาง	C. เพราะแรงเป็นพลังงาน อาจเป็นพลังงานจากมนุษย์หรือเครื่องยนต์
		1.3 ความมั่นใจในการตอบ	D. เพราะเมื่อมีแรงกระทำกับวัตถุ วัตถุก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและทิศทาง
		A. มั่นใจ	1.3 ความมั่นใจในการตอบ
		B. ไม่มั่นใจ	A. มั่นใจ
			B. ไม่มั่นใจ
2	วิเคราะห์การเกิดแรง	2.1 จากสถานการณ์ต่อไปนี้ “ถุงทรายวางนึ่งบนพื้น” คำกล่าวข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง	2.1 จากสถานการณ์ต่อไปนี้ “ถุงทรายวางนึ่งบนพื้น”
		A. ไม่มีแรงกระทำต่อถุงทราย	ถุงทราย 
		B. มีแรงกระทำต่อถุงทราย 1 แรง	คำกล่าวข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง
		C. มีแรงกระทำต่อถุงทราย 2 แรง	A. ไม่มีแรงกระทำต่อถุงทราย
		D. มีแรงกระทำต่อถุงทรายทุกทิศทาง	B. มีแรงกระทำต่อถุงทราย 1 แรง
		2.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ	C. มีแรงกระทำต่อถุงทราย 2 แรง
		A. ถุงทรายหุคหนึ่งไม่มีแรงกระทำให้วัตถุเคลื่อนที่	D. มีแรงกระทำต่อถุงทรายทุกทิศทาง
		B. มีแรงโน้มถ่วงและแรงปฏิกิริยากระทำกับถุงทราย	2.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ
		C. แรงลัพธ์ที่กระทำต่อถุงทรายทุกทิศทางหักล้างกันเป็นศูนย์	A. ถุงทรายหุคหนึ่งไม่มีแรงกระทำให้วัตถุเคลื่อนที่
		D. มีเฉพาะแรงโน้มถ่วงเท่านั้นที่กระทำต่อถุงทราย ถุงทรายจึงไม่เคลื่อนที่	B. มีแรงโน้มถ่วงและแรงปฏิกิริยากระทำกับถุงทราย
		2.3 ความมั่นใจในการตอบ	C. แรงลัพธ์ที่กระทำต่อถุงทรายทุกทิศทางหักล้างกันเป็นศูนย์
		A. มั่นใจ	D. มีเฉพาะแรงโน้มถ่วงเท่านั้นที่กระทำต่อถุงทราย ถุงทรายจึงไม่เคลื่อนที่
		B. ไม่มั่นใจ	

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ข้อ	มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับปรุง
3	การหา แรงลัพธ์	<p>3.1 แรงขนาด 3 นิวตัน และ 4 นิวตัน กระทำ ต่อวัตถุก้อนเดียวกันแรงลัพธ์ที่มีขนาด น้อยที่สุด มีค่าเท่าใด</p> <p>A. 1 นิวตัน B. 5 นิวตัน C. $\sqrt{5}$ นิวตัน D. 7 นิวตัน</p> <p>3.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรง สองแรง จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองแรง ตั้งฉากกัน</p> <p>B. เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่ เกิดจากแรง สองแรง จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสอง มีทิศเดียวกัน</p> <p>C. เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่ เกิดจากแรง สองแรง จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองแรง มีทิศทางตรงข้ามกัน</p> <p>D. เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรง สองแรง จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองแรง มีทิศทางตรงข้ามกัน</p> <p>3.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ B. ไม่มั่นใจ</p>	<p>2.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ B. ไม่มั่นใจ</p> <p>3.1 แรงขนาด 3 นิวตัน และ 4 นิวตัน กระทำต่อวัตถุก้อนเดียวกัน แรงลัพธ์ที่มีขนาดน้อยที่สุด และ มากที่สุด มีค่าเท่าใด</p> <p>A. 5 นิวตัน และ 7 นิวตัน B. 1 นิวตัน และ 7 นิวตัน C. 1 นิวตัน และ 5 นิวตัน D. 7 นิวตัน และ $\sqrt{5}$ นิวตัน</p> <p>3.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิด จากแรงสองแรง จะมีค่าน้อยที่สุด เมื่อแรงทั้งสองแรงตั้งฉากกัน และ จะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสอง มีทิศเดียวกัน</p> <p>B. เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิด จากแรงสองแรง จะมีค่าน้อยที่สุด เมื่อแรงทั้งสองมีทิศเดียวกัน และ จะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสอง ตั้งฉากกัน</p> <p>C. เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิด จากแรงสองแรง จะมีค่าน้อยที่สุด เมื่อแรงทั้งสองแรงมีทิศทางตรง ข้ามกัน และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อ แรงทั้งสองตั้งฉากกัน</p> <p>D. เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่ เกิดจากแรงสองแรง จะมีค่าน้อย</p>

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ข้อ	โมนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับปรุง
			ที่สุด เมื่อแรงทั้งสองแรงมีทิศทางตรงข้ามกัน และจะมีค่ามากที่สุด เมื่อแรงทั้งสองมีทิศเดียวกัน
			3.3 ความมั่นใจในการตอบ
			A. มั่นใจ
			B. ไม่มั่นใจ
5	การใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันอธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน	<p>5.1 สถานการณ์ในข้อใด ไม่ตรงตามกฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>A. รถยนต์จอดนิ่งอยู่กับที่</p> <p>B. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่</p> <p>C. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่</p> <p>D. รถยนต์ไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่</p> <p>5.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จะต้องมีความเร่งลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากกระทำจึงไม่เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>B. เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำกับรถยนต์มีค่าเป็นศูนย์ รถยนต์จึงไม่เคลื่อนที่ ซึ่งไม่สอดคล้องกับกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>C. เพราะการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ จะต้องมีความเร่งภายนอกมากกระทำ ซึ่งไม่ตรงกับสมการเคลื่อนที่ของนิวตัน $\sum F = 0$</p> <p>D. เพราะการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ รถยนต์ต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ หรือรถยนต์ต้องมีความเร่งเป็นศูนย์</p> <p>5.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>	<p>5.1 สถานการณ์ในข้อใด ไม่ตรงตามกฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>A. รถยนต์จอดนิ่งอยู่กับที่</p> <p>B. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่</p> <p>C. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่</p> <p>D. รถยนต์ไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่</p> <p>5.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จะต้องมีความเร่งลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากกระทำจึงไม่เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>B. เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำกับรถยนต์มีค่าเป็นศูนย์ รถยนต์จึงไม่เคลื่อนที่ ซึ่งไม่สอดคล้องกับกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>C. เพราะการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ จะต้องมีความเร่งภายนอกมากกระทำ ซึ่งไม่ตรงกับสมการเคลื่อนที่ของนิวตัน $\sum F = 0$</p>

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ข้อ	มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับปรุง
8	ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง	<p>8.1 จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน สามารถสรุปได้ตามข้อใด</p> <p>A. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งจะมีค่าคงที่</p> <p>B. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งเท่ากับศูนย์</p> <p>C. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์</p> <p>D. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งจะมีขนาดเท่ากับแรงลัพธ์ที่มากกระทำ</p> <p>8.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะความเร็วคงที่ ความเร่งจะเท่ากับศูนย์</p> <p>B. เพราะแรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับมวลคูณความเร่ง</p> <p>C. เพราะเมื่อมีแรงลัพธ์มากกระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง</p> <p>D. เพราะเมื่อมีแรงลัพธ์มากกระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่ง</p> <p>8.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>	<p>D. เพราะเมื่อรถยนต์ไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ จะต้องมีความเร่งขนาดหนึ่งมากกระทำกับรถยนต์ เพื่อพยายามให้รถยนต์รักษาสภาพหยุดนิ่งไว้</p> <p>5.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p> <p>8.1 จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน สามารถสรุปได้ตามข้อใด</p> <p>A. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งจะมีค่าคงที่</p> <p>B. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งเท่ากับศูนย์</p> <p>C. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์</p> <p>D. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งจะมีขนาดเท่ากับแรงลัพธ์ที่มากกระทำ</p> <p>8.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะความเร็วคงที่ ความเร่งจะเท่ากับมวลคูณความเร่ง</p> <p>B. เพราะเมื่อมีแรงลัพธ์มากกระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง</p> <p>C. เพราะเมื่อมีแรงลัพธ์มากกระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่</p> <p>D. เพราะเมื่อมีแรงลัพธ์ขนาดไม่เป็นศูนย์มากกระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากกระทำ</p>

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ข้อ	มโนทัศน์	ข้อสอบก่อนปรับปรุง	ข้อสอบหลังปรับปรุง
16	สภาพไร้ น้ำหนัก	<p>16.1 ข้อใดอธิบายสภาพไร้น้ำหนักของวัตถุ ได้ถูกต้องที่สุด</p> <p>A. วัตถุไม่มีมวล</p> <p>B. วัตถุไม่มีแรงโน้มถ่วง</p> <p>C. เครื่องชั่งอ่านได้ศูนย์นิวตัน</p> <p>D. ไม่มีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ</p> <p>16.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ น้อยมากเหมือน ไม่มีแรงดึงดูดของโลกกระทำ ต่อวัตถุ</p> <p>B. ระยะทางจากศูนย์กลางโลกถึงวัตถุ มีระยะห่างมาก จึงทำให้ค่าแรงโน้มถ่วงของ โลกไม่ส่งผลต่อวัตถุ</p> <p>C. สภาพไร้น้ำหนักของวัตถุ คือ การที่วัตถุ ไม่มีแรงมากกระทำและ ไม่มีมวลทำให้วัตถุ ลอยอยู่ในอวกาศ</p> <p>D. วัตถุอยู่ห่างจากโลกมาก น้ำหนักของวัตถุ น้อยมากจนเกือบเป็นศูนย์ จึงกล่าวได้ว่า สภาพไร้น้ำหนักส่งผลให้มวลของวัตถุ เป็นศูนย์</p> <p>16.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>	<p>8.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p> <p>16.1 ข้อใดอธิบายสภาพไร้น้ำหนัก ของวัตถุได้ถูกต้องที่สุด</p> <p>A. สภาพที่วัตถุไม่มีมวล</p> <p>B. สภาพที่วัตถุมีแรงโน้มถ่วง กระทำน้อยมาก</p> <p>C. สภาพที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อ วัตถุเป็นศูนย์</p> <p>D. สภาพที่แรงโน้มถ่วงมีค่า เท่ากับแรงที่กระทำต่อวัตถุ</p> <p>16.3 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. แรงลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์ ทำให้ วัตถุอยู่นิ่ง ลอยอยู่ในสภาพ ไร้น้ำหนัก</p> <p>B. สภาพไร้น้ำหนักของวัตถุ ส่งผลให้วัตถุไม่มีน้ำหนัก มวลของ วัตถุมีค่าเป็นศูนย์</p> <p>C. วัตถุที่แรงโน้มถ่วงกระทำน้อย มากจนเกือบมีค่าเป็นศูนย์ วัตถุ จะอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก</p> <p>D. แรงโน้มถ่วงเท่ากับแรง ภายนอกที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้ แรงลัพธ์เป็นศูนย์ ส่งผลให้เกิด สภาพไร้น้ำหนัก</p> <p>16.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>

2.4 หลังการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นทั้งฉบับ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวินิจฉัยไปหาคะแนนจุดตัด โดยใช้วิธีของแองกอฟฟ์ (Angoff) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 คน โดยพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อว่า ผู้ที่มีความรู้มีค่าความน่าจะเป็นในการตอบถูกข้อนั้นอย่างน้อยเท่าไร แล้วหาค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นเป็นคะแนนจุดตัด พบว่า มีคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เป็น 13 คะแนน รายละเอียดดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการพิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวินิจฉัย

ข้อ	มโนทัศน์	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5
1	ความหมายของแรง	0.50	0.40	0.50	0.50	0.50
2	วิเคราะห์การเกิด	0.50	0.50	0.60	0.50	0.60
3	การหาแรงลัพธ์	0.50	0.60	0.50	0.60	0.70
4	อธิบายสถานการณ์เพื่อนำไปสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	0.80	0.80	0.70	0.70	0.80
5	การใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันอธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน	0.80	0.70	0.70	0.80	0.80
6	ความเฉื่อยของวัตถุ	0.60	0.65	0.65	0.60	0.70
7	ความหมายของมวล	0.65	0.50	0.60	0.60	0.60
8	ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง	0.80	0.80	0.70	0.75	0.70
9	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับความเร่ง	0.60	0.65	0.60	0.70	0.65
10	วิเคราะห์สถานการณ์เพื่อนำไปสรุปเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	0.70	0.70	0.70	0.60	0.60
11	แรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา	0.50	0.50	0.60	0.60	0.60
12	ความหมายของน้ำหนัก	0.60	0.50	0.65	0.50	0.70

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ข้อ	มโนทัศน์	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5
13	น้ำหนักของวัตถุ	0.80	0.80	0.75	0.80	0.70
14	แรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	0.50	0.65	0.60	0.70	0.65
15	สนามโน้มถ่วงและแรงโน้มถ่วง	0.60	0.50	0.60	0.60	0.70
16	สภาพไร้น้ำหนัก	0.50	0.50	0.50	0.40	0.40
17	การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นผิว ที่มีแรงเสียดทาน	0.70	0.70	0.75	0.65	0.70
18	แรงเสียดทานสถิตและแรง เสียดทานจลน์	0.50	0.60	0.60	0.60	0.50
19	แรงเสียดทานในสถานการณ์ต่าง ๆ	0.60	0.60	0.70	0.50	0.60
20	การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ไปประยุกต์ใช้	0.75	0.75	0.60	0.70	0.70
	รวม	12.50	12.40	12.60	12.40	12.90
	เฉลี่ย			12.56		
ผลการพิจารณาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวินิจฉัย		13 คะแนน				

2.5 ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ มาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยโดยใช้สูตรของลิวิงสตัน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.87 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.92 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.92

2.6 ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแบบทดสอบวินิจฉัยในข้อที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกที่ไม่ผ่านเกณฑ์ และได้นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน เพื่อนำผลการทดสอบไปวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมืออีกครั้ง ได้ผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าความยากแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 2

ข้อ	<i>FT</i>	แปลผล	<i>ST</i>	แปลผล	<i>TT</i>	แปลผล	<i>BT</i>	แปลผล	<i>AT</i>	แปลผล
1	0.28	ค่อนข้างยาก	0.37	ค่อนข้างยาก	0.55	ปานกลาง	0.28	ค่อนข้างยาก	0.26	ค่อนข้างยาก
2	0.48	ปานกลาง	0.50	ปานกลาง	0.58	ปานกลาง	0.46	ปานกลาง	0.44	ปานกลาง
3	0.53	ปานกลาง	0.48	ปานกลาง	0.56	ปานกลาง	0.43	ปานกลาง	0.42	ปานกลาง
4	0.53	ปานกลาง	0.51	ปานกลาง	0.52	ปานกลาง	0.48	ปานกลาง	0.46	ปานกลาง
5	0.52	ปานกลาง	0.35	ค่อนข้างยาก	0.53	ปานกลาง	0.34	ค่อนข้างยาก	0.33	ค่อนข้างยาก
6	0.38	ค่อนข้างยาก	0.40	ปานกลาง	0.42	ปานกลาง	0.32	ค่อนข้างยาก	0.28	ค่อนข้างยาก
7	0.27	ค่อนข้างยาก	0.33	ค่อนข้างยาก	0.46	ปานกลาง	0.24	ค่อนข้างยาก	0.21	ค่อนข้างยาก
8	0.50	ปานกลาง	0.43	ปานกลาง	0.45	ปานกลาง	0.39	ค่อนข้างยาก	0.33	ค่อนข้างยาก
9	0.41	ปานกลาง	0.36	ค่อนข้างยาก	0.44	ปานกลาง	0.26	ค่อนข้างยาก	0.25	ค่อนข้างยาก
10	0.44	ปานกลาง	0.43	ปานกลาง	0.51	ปานกลาง	0.43	ปานกลาง	0.38	ค่อนข้างยาก
11	0.46	ปานกลาง	0.48	ปานกลาง	0.44	ปานกลาง	0.42	ปานกลาง	0.34	ค่อนข้างยาก
12	0.48	ปานกลาง	0.47	ปานกลาง	0.49	ปานกลาง	0.43	ปานกลาง	0.39	ค่อนข้างยาก
13	0.48	ปานกลาง	0.54	ปานกลาง	0.46	ปานกลาง	0.46	ปานกลาง	0.39	ค่อนข้างยาก

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ข้อ	<i>FT</i>	แปลผล	<i>ST</i>	แปลผล	<i>TT</i>	แปลผล	<i>BT</i>	แปลผล	<i>AT</i>	แปลผล
14	0.49	ปานกลาง	0.40	ปานกลาง	0.40	ปานกลาง	0.38	ค่อนข้างยาก	0.31	ค่อนข้างยาก
15	0.44	ปานกลาง	0.42	ปานกลาง	0.41	ปานกลาง	0.39	ค่อนข้างยาก	0.30	ค่อนข้างยาก
16	0.44	ปานกลาง	0.34	ค่อนข้างยาก	0.49	ปานกลาง	0.31	ค่อนข้างยาก	0.29	ค่อนข้างยาก
17	0.40	ปานกลาง	0.43	ปานกลาง	0.49	ปานกลาง	0.34	ค่อนข้างยาก	0.33	ค่อนข้างยาก
18	0.42	ปานกลาง	0.43	ปานกลาง	0.44	ปานกลาง	0.33	ค่อนข้างยาก	0.31	ค่อนข้างยาก
19	0.43	ปานกลาง	0.41	ปานกลาง	0.44	ปานกลาง	0.36	ค่อนข้างยาก	0.31	ค่อนข้างยาก
20	0.45	ปานกลาง	0.47	ปานกลาง	0.54	ปานกลาง	0.42	ปานกลาง	0.39	ค่อนข้างยาก

จากตารางที่ 15 แบบทดสอบวินิจฉัยสัมโนทัศน์ที่ตลาดเคลื่อน มีข้อสอบ จำนวน 20 ข้อ
ชั้นที่ 1 (*FT*) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.27-0.53 ชั้นที่ 2 (*ST*) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.33-0.54 ชั้นที่ 3 (*TT*)
มีค่าความยากตั้งแต่ 0.40-0.58 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (*BT*) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.24-0.46 ชั้นที่ 1
ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (*AT*) มีค่าความยาก 0.21-0.46 ซึ่งข้อสอบทุกข้อมีค่าดัชนีความยาก
อยู่ระหว่าง 0.20-0.80

ตารางที่ 16 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 2

ข้อ	<i>FT</i>	แปลผล	<i>ST</i>	แปลผล	<i>TT</i>	แปลผล	<i>BT</i>	แปลผล	<i>AT</i>	แปลผล
1	0.71	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.56	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.72	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.67	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.75	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
2	0.37	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.34	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.29	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.30	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.29	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน
3	0.23	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.46	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.26	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.47	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.43	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน
4	0.36	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.59	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.30	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.50	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.49	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน
5	0.34	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.63	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.43	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.74	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.74	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
6	0.54	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.62	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.37	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.68	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.75	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
7	0.38	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.37	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.57	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.49	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.53	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
8	0.50	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.35	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.55	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.63	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.77	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อ	<i>FT</i>	แปลผล	<i>ST</i>	แปลผล	<i>TT</i>	แปลผล	<i>BT</i>	แปลผล	<i>AT</i>	แปลผล
9	0.52	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.37	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.54	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.59	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.43	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน
10	0.43	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.47	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.41	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.45	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.46	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน
11	0.34	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.46	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.65	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.48	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.64	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
12	0.45	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.60	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.38	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.54	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.56	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
13	0.48	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.47	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.31	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.57	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.60	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
14	0.47	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.57	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.58	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.75	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.83	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
15	0.60	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.66	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.71	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.63	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.78	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
16	0.48	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.49	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.62	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.67	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.78	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อ	<i>FT</i>	แปลผล	<i>ST</i>	แปลผล	<i>TT</i>	แปลผล	<i>BT</i>	แปลผล	<i>AT</i>	แปลผล
17	0.65	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.51	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.61	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.74	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.73	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
18	0.66	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.30	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.77	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.58	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.75	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
19	0.44	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.69	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.77	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.70	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.79	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
20	0.49	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.49	จำแนกได้ถูกต้อง บางส่วน	0.59	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.66	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	0.72	จำแนกได้ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่

จากตารางที่ 16 แบบทดสอบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มีข้อสอบ จำนวน 20 ข้อ
 ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.23-0.71 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.30-0.69
 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.26-0.77 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าอำนาจจำแนก
 ตั้งแต่ 0.30-0.70 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความยาก 0.29-0.83 ซึ่งข้อสอบทุกข้อ
 อยู่ในเกณฑ์ที่น่าไปใช้ได้ คือ มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.20

2.7 ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับมาคำนวณหา
 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจัยโดยใช้สูตรของลิวิสตัน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 วินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.91 ชั้นที่ 2 (ST)
 มีค่าความเชื่อมั่น 0.91 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.93 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่า
 ความเชื่อมั่น 0.93 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.95

2.8 ความตรงเชิงโครงสร้างโดยวิธีการหาความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น ($n = 100$)

ชั้น	ชั้นที่ 1 (FT)	ชั้นที่ 2 (ST)	ชั้นที่ 3 (TT)	ชั้นที่ 1 ร่วมกับ ชั้นที่ 2 (BT)	ชั้นที่ 1 ร่วมกับ ชั้นที่ 2 และ ชั้นที่ 3 (AT)
ชั้นที่ 1 (FT)		.92*	.70 *	.96*	.92*
ชั้นที่ 2 (ST)			.67*	.97*	.92*
ชั้นที่ 3 (TT)				.75*	.85*
ชั้นที่ 1 ร่วมกับ ชั้นที่ 2 (BT)					.97*

* $p < .05$

จากตารางที่ 17 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นมีค่าเป็นบวกทุกคู่ โดยอยู่ระหว่าง
 0.70-0.97 โดยระหว่างชั้นที่ 1 (FT) กับชั้นที่ 3 (TT) มีค่าต่ำสุด ส่วนระหว่างชั้นที่ 2 (ST) กับชั้นที่ 1
 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) กับชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT)
 มีค่าสูงสุด และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทุกคู่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

เมื่อพิจารณาความตรงเชิงโครงสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) กับชั้นที่ 3 (TT) (Cataloglu, 2002) มีค่า 0.75 ซึ่งความสัมพันธ์ของคะแนนมีความสัมพันธ์กันทางบวกระดับสูง

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

3.1 ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 315 คน ได้ค่าสถิติพื้นฐาน และคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัย ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 18 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

แบบทดสอบวินิจฉัย	<i>k</i>	\bar{X}	<i>SD</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
ชั้นที่ 1 (FT)	20	11.86	4.57	2	20
ชั้นที่ 2 (ST)	20	11.22	4.61	1	20
ชั้นที่ 3 (TT)	20	14.84	4.78	2	20
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT)	20	8.74	5.36	0	20
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT)	20	7.41	5.56	0	20

จากตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 3 ชั้น พบว่า คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบทดสอบวินิจฉัย ชั้นที่ 1 (FT) มีค่ามากที่สุด 11.86 คะแนน ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด 7.41 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่ามากที่สุด คือ 7.41 ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด 4.57 ทุกชั้นมีนักเรียนได้คะแนนเต็มจากการทำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น และพบว่า ในชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีนักเรียนที่ได้ศูนย์คะแนน

3.2 ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น จากกลุ่มตัวอย่าง 315 คน มาคำนวณหาค่าความยากจากสัดส่วนของคนตอบถูก และหาค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตรดัชนีอำนาจจำแนกบี ของเบรนนาน ได้ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยแต่ละชั้น ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยัมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ($n = 315$)

แบบทดสอบวินิจฉัย	k	p	B	r_{cc}
ชั้นที่ 1 (FT)	20	0.27-0.80	0.21-0.48	0.88
ชั้นที่ 2 (ST)	20	0.31-0.80	0.25-0.58	0.89
ชั้นที่ 3 (TT)	20	0.60-0.90	0.24-0.58	0.89
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT)	20	0.23-0.68	0.25-0.68	0.92
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT)	20	0.20-0.58	0.25-0.79	0.93

จากตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยัมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น พบว่า ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความยาก (p) มากที่สุด คือ ตั้งแต่ 0.60-0.90 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความยากน้อยที่สุด คือ ตั้งแต่ 0.20-0.58 ชั้นที่มีค่าอำนาจจำแนกน้อยที่สุด คือ ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าตั้งแต่ 0.21-0.48 ชั้นที่มีค่าอำนาจจำแนกมากที่สุด คือ ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25-0.79 และชั้นที่มีค่าความเชื่อมั่นน้อยที่สุด คือ ชั้นที่ 1 (FT) คือ 0.88 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความเชื่อมั่นมากที่สุด คือ 0.9 ซึ่งความสัมพันธ์ของคะแนนมีความสัมพันธ์กันทางบวกระดับสูง

3.3 ความตรงเชิงโครงสร้างโดยวิธีการหาความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น ($n = 315$)

ชั้น	ชั้นที่ 1 (FT)	ชั้นที่ 2 (ST)	ชั้นที่ 3 (TT)	ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT)	ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT)
ชั้นที่ 1 (FT)		.99*	.99 *	.92*	.95*
ชั้นที่ 2 (ST)			.99*	.92*	.95*
ชั้นที่ 3 (TT)				.91*	.95*
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT)					.95*

* $p < .05$

จากตารางที่ 20 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นมีค่าเป็นบวกทุกคู่ โดยอยู่ระหว่าง 0.91-0.99 โดยความสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ 3 (TT) กับชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าต่ำสุด ส่วนระหว่างชั้นที่ 1 (FT) กับชั้นที่ 2 (ST) ชั้นที่ 1 (FT) กับชั้นที่ 3 (TT) และชั้นที่ 2 (ST) กับชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความสัมพันธ์กันสูงสุด และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทุกคู่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

เมื่อพิจารณาความตรงเชิงโครงสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) กับชั้นที่ 3 (TT) (Cataloglu, 2002) มีค่า 0.91

3.4 ผลการนำแบบทดสอบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปใช้ทดสอบนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 315 คน

ตารางที่ 21 ผลการวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ผลการวินิจัย	คะแนน	จำนวน	ร้อยละ
มโนทัศน์ถูกต้องสมบูรณ์	20	3	0.95
นักเรียนที่มีมโนทัศน์ถูกต้องมากที่สุด	15-19	49	15.56
นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมาก	10-14	35	11.11
นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมาก	5-9	118	37.46
นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด	1-4	91	28.89
นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนสมบูรณ์	0	19	6.03
รวม		315	100

จากตารางที่ 21 พบว่า มีนักเรียนที่มีมโนทัศน์ถูกต้องสมบูรณ์ เพียงร้อยละ 0.95 และมีนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสมบูรณ์ ร้อยละ 6.03

3.5 ผลการวิเคราะห์คำตอบถูกและร้อยละของการตอบถูกในแต่ละชั้นของแบบทดสอบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ได้ผล ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก

ข้อ	<i>FT</i>	<i>ST</i>	<i>TT</i>	<i>BT</i>	<i>AT</i>
1	85 (27.0)	123 (39.0)	256 (81.3)	73 (23.2)	69 (21.9)
2	217 (68.9)	216 (68.6)	283 (89.9)	196 (62.2)	183 (58.1)
3	253 (80.3)	208 (66.0)	278 (88.3)	181 (57.5)	171 (54.3)
4	192 (61.0)	233 (74.0)	254 (80.6)	174 (55.2)	156 (49.5)
5	252 (80.0)	141 (44.8)	241 (76.5)	125 (39.7)	113 (35.9)
6	120 (38.1)	160 (50.8)	195 (61.9)	83 (26.3)	66 (21.0)
7	119 (37.8)	156 (49.5)	231 (73.3)	100 (31.7)	80 (25.4)
8	239 (75.9)	134 (42.5)	221 (70.2)	112 (35.6)	88 (27.9)
9	186 (59.0)	182 (57.8)	219 (69.5)	134 (42.5)	118 (37.5)
10	202 (64.1)	197 (62.5)	256 (81.3)	193 (61.3)	167 (53.0)
11	175 (55.6)	201 (63.8)	204 (64.8)	147 (46.7)	110 (34.9)
12	213 (67.6)	226 (71.7)	245 (77.8)	189 (60.0)	163 (51.7)
13	235 (74.6)	259 (82.2)	245 (77.8)	215 (68.3)	183 (58.1)

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ข้อ	<i>FT</i>	<i>ST</i>	<i>TT</i>	<i>BT</i>	<i>AT</i>
14	220 (69.8)	132 (41.9)	205 (65.1)	120 (38.1)	94 (29.8)
15	194 (61.6)	157 (49.8)	189 (60.0)	143 (45.4)	89 (28.3)
16	164 (52.1)	97 (30.8)	237 (75.2)	72 (22.9)	62 (19.7)
17	159 (50.5)	156 (49.5)	226 (71.7)	105 (33.3)	94 (29.8)
18	158 (50.2)	191 (60.6)	217 (68.9)	110 (34.9)	88 (27.9)
19	178 (56.5)	176 (55.9)	209 (66.3)	133 (42.2)	102 (32.4)
20	176 (55.9)	190 (60.3)	265 (84.1)	151 (47.9)	139 (44.1)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก

จากตารางที่ 22 พบว่า ในชั้นที่ 1 (*FT*) ในข้อที่ 1 มโนทัศน์เรื่อง ความหมายของแรง เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27.0 ข้อที่ 3 มโนทัศน์เรื่อง การหาแรงลัพธ์ เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80.3 ในชั้นที่ 2 (*ST*) ในข้อที่ 16 มโนทัศน์เรื่อง สภาพไร้น้ำหนัก เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 30.8 ข้อที่ 13 มโนทัศน์เรื่อง น้ำหนักของวัตถุ เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82.2 ในชั้นที่ 3 (*TT*) ในข้อที่ 15 มโนทัศน์เรื่อง สนามโน้มถ่วงและแรงโน้มถ่วง เป็นข้อที่นักเรียนไม่มั่นใจน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 60.0 ข้อที่ 2 มโนทัศน์เรื่อง วิเคราะห์การเกิดแรง เป็นข้อที่นักเรียนมั่นใจมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 89.9 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (*BT*) ในข้อที่ 16 มโนทัศน์เรื่อง สภาพไร้น้ำหนัก เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 22.9 ข้อที่ 13 มโนทัศน์เรื่อง น้ำหนักของวัตถุ เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 68.3 และในชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (*AT*) ในข้อที่ 16

มโนทัศน์เรื่อง สภาพไร้น้ำหนัก เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 19.7 ข้อที่ 2 และข้อ 13 มโนทัศน์เรื่อง น้ำหนักของวัตถุ เป็นข้อที่นักเรียนตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.1

3.6 การแปลผลมโนทัศน์ของนักเรียนจากแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น ได้ผล ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การแปลผลมโนทัศน์ของนักเรียนจากแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น

ข้อ	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	ขาดความรู้	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
1	69 (21.9)	55 (17.5)	4 (1.3)	187 (59.4)
2	183 (58.1)	19 (6)	13 (4.1)	100 (31.7)
3	171 (54.3)	27 (8.6)	10 (3.2)	107 (34.0)
4	156 (49.5)	43 (13.7)	18 (5.7)	98 (31.1)
5	113 (35.9)	62 (19.7)	12 (3.8)	128 (40.6)
6	66 (21.0)	103 (32.7)	17 (5.4)	129 (41.0)
7	80 (25.4)	64 (20.3)	20 (6.3)	151 (47.9)
8	88 (27.9)	70 (22.2)	24 (7.6)	133 (42.2)
9	118 (37.5)	80 (25.4)	16 (5.1)	101 (32.1)
10	167 (53.0)	33 (10.5)	26 (8.3)	89 (28.3)
11	110 (34.9)	74 (23.5)	37 (11.7)	94 (29.8)

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ข้อ	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง	ขาดความรู้	เดา/ขาดความเชื่อมั่น	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
12	163 (51.7)	44 (14.0)	26 (8.3)	82 (26.0)
13	183 (58.1)	38 (12.1)	32 (10.2)	62 (19.7)
14	94 (29.8)	84 (26.7)	26 (8.3)	111 (35.2)
15	89 (28.3)	72 (22.9)	54 (17.1)	100 (31.7)
16	62 (19.7)	68 (21.6)	10 (3.2)	175 (55.6)
17	94 (29.8)	78 (24.8)	11 (3.5)	132 (41.9)
18	88 (27.9)	76 (24.1)	22 (7.0)	129 (41.0)
19	102 (32.4)	75 (23.8)	31 (9.8)	107 (34.0)
20	139 (44.1)	38 (12.1)	12 (3.8)	126 (40.0)
เฉลี่ย	37.02	19.10	6.72	37.16

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ ร้อยละการตอบของนักเรียน

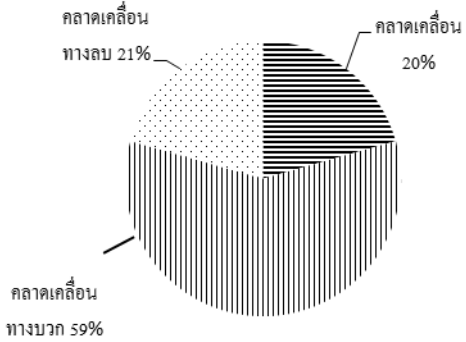
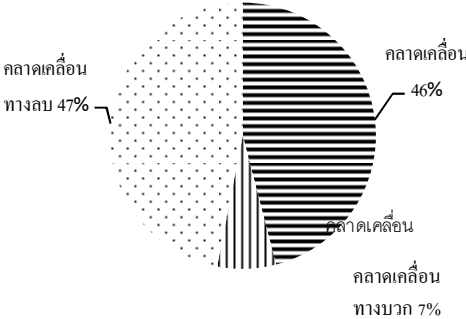
จากตารางที่ 23 การแปลผลมโนทัศน์ของนักเรียนจากแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง สามารถทำแบบทดสอบได้ถูกต้องมากที่สุดข้อที่ 2 มโนทัศน์เรื่อง วิเคราะห์การเกิดแรง และข้อที่ 13 มโนทัศน์เรื่อง น้ำหนักของวัตถุ ส่วนข้อที่ 16 มโนทัศน์เรื่อง สภาพใ้ร้้น้ำหนัก เป็นข้อที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องน้อยที่สุด และพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดข้อที่ 1 มโนทัศน์เรื่อง ความหมายของแรง ซึ่งโดยรวมแล้วนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง สามารถทำแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ได้ร้อยละ 37.02

3.7 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน จากจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ออกเป็น 3 ประเภท คือ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ ซึ่งในแต่ละข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัย มีนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนประเภทต่าง ๆ

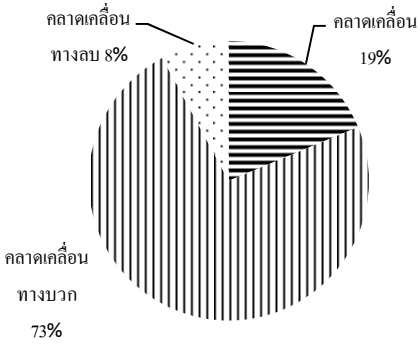
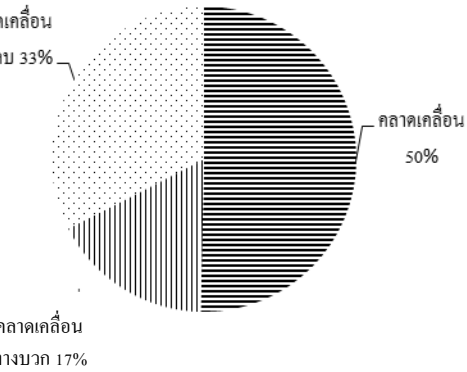
ตารางที่ 24 จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนประเภทต่าง ๆ

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน												
1. มโนทัศน์เรื่อง ความหมายของแรง	<table border="1"> <caption>จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Meaning of Force)</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>จำนวนนักเรียน</th> <th>ร้อยละ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน</td> <td>73</td> <td>73%</td> </tr> <tr> <td>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก</td> <td>5</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ</td> <td>22</td> <td>22%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	73	73%	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก	5	5%	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ	22	22%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: ปริมาณที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือทิศทางเพราะเมื่อมีแรงกระทำกับวัตถุ วัตถุก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและทิศทาง</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: การกระทำที่ก่อให้เกิดวัตถุเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ เพราะเมื่อมีแรงกระทำกับวัตถุ วัตถุก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและทิศทาง</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: ปริมาณที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือทิศทาง เพราะแรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงความเร็วได้</p>
ประเภท	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ												
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	73	73%												
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก	5	5%												
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ	22	22%												
2. มโนทัศน์เรื่อง วิเคราะห์การเกิดแรง	<table border="1"> <caption>จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Analysis of Force Generation)</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>จำนวนนักเรียน</th> <th>ร้อยละ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน</td> <td>63</td> <td>63%</td> </tr> <tr> <td>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก</td> <td>20</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ</td> <td>17</td> <td>17%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	63	63%	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก	20	20%	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ	17	17%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: มีแรงกระทำต่อตุ้มน้ำ 1 แรง เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อตุ้มน้ำทุกทิศทางหักล้างกันเป็นศูนย์</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: มีแรงกระทำต่อตุ้มน้ำ 2 แรง เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อตุ้มน้ำทุกทิศทางหักล้างกันเป็นศูนย์</p>
ประเภท	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ												
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	63	63%												
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก	20	20%												
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ	17	17%												

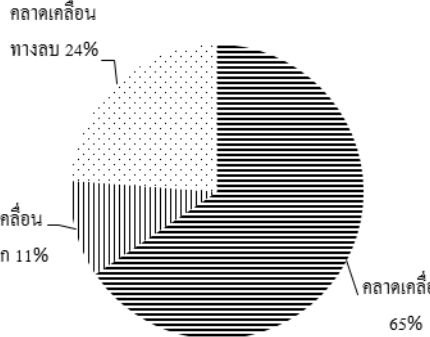
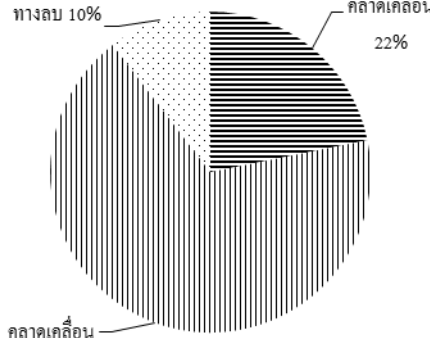
ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน										
<p>3. มโนทัศน์เรื่อง การหาแรงลัพธ์</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม: มโนทัศน์เรื่อง การหาแรงลัพธ์</caption> <thead> <tr> <th>ประเภทการคลาดเคลื่อน</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางลบ</td> <td>21%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อน</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางบวก</td> <td>59%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภทการคลาดเคลื่อน	เปอร์เซ็นต์	คลาดเคลื่อนทางลบ	21%	คลาดเคลื่อน	20%	คลาดเคลื่อนทางบวก	59%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: มีแรงกระทำต่ออุทราาย 1 แรง เพราะมีแรงโน้มถ่วงและแรงปฏิกิริยากระทำกับอุทราาย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: 1 นิวตัน และ 5 นิวตัน เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงสองแรงจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองแรงมีทิศทางตรงข้ามกัน และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสองตั้งฉากกัน</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: 1 นิวตัน และ 7 นิวตัน เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงสองแรงจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองแรงมีทิศทางตรงข้ามกัน และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสองตั้งฉากกัน</p>		
ประเภทการคลาดเคลื่อน	เปอร์เซ็นต์											
คลาดเคลื่อนทางลบ	21%											
คลาดเคลื่อน	20%											
คลาดเคลื่อนทางบวก	59%											
<p>4. มโนทัศน์เรื่อง การอธิบายสถานการณ์เพื่อนำไปสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม: มโนทัศน์เรื่อง การอธิบายสถานการณ์เพื่อนำไปสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน</caption> <thead> <tr> <th>ประเภทการคลาดเคลื่อน</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางลบ</td> <td>47%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อน</td> <td>46%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อน</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อน</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภทการคลาดเคลื่อน	เปอร์เซ็นต์	คลาดเคลื่อนทางลบ	47%	คลาดเคลื่อน	46%	คลาดเคลื่อน	7%	คลาดเคลื่อน	0%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: 1 นิวตัน และ 5 นิวตัน เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงสองแรงจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองแรงมีทิศทางตรงข้ามกัน และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสองมีทิศเดียวกัน</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: กฎข้อที่ 2 เพราะแรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: กฎข้อที่ 1 เพราะแรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา</p>
ประเภทการคลาดเคลื่อน	เปอร์เซ็นต์											
คลาดเคลื่อนทางลบ	47%											
คลาดเคลื่อน	46%											
คลาดเคลื่อน	7%											
คลาดเคลื่อน	0%											

ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน								
<p>5. มโนทัศน์เรื่อง การใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันอธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม (ข้อ 5)</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางลบ</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อน</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางบวก</td> <td>73%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	เปอร์เซ็นต์	คลาดเคลื่อนทางลบ	8%	คลาดเคลื่อน	19%	คลาดเคลื่อนทางบวก	73%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: กฎข้อที่ 2 เพราะผู้โดยสารพยายามจะรักษาสภาพการเคลื่อนที่ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: รถยนต์ไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เพราะการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ จะต้องมีแรงภายนอกมากระทำ ซึ่งไม่ตรงกับสมการเคลื่อนที่ของนิวตัน $\Sigma \vec{F} = 0$ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ เพราะการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ จะต้องมีแรงภายนอกมากระทำ ซึ่งไม่ตรงกับสมการเคลื่อนที่ของนิวตัน $\Sigma \vec{F} = 0$</p>
ประเภท	เปอร์เซ็นต์									
คลาดเคลื่อนทางลบ	8%									
คลาดเคลื่อน	19%									
คลาดเคลื่อนทางบวก	73%									
<p>6. มโนทัศน์เรื่อง ความเฉื่อยของวัตถุ</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม (ข้อ 6)</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางลบ</td> <td>33%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อน</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางบวก</td> <td>17%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	เปอร์เซ็นต์	คลาดเคลื่อนทางลบ	33%	คลาดเคลื่อน	50%	คลาดเคลื่อนทางบวก	17%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: รถยนต์ไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เพราะการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จะต้องมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำจึงไม่เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: ความเฉื่อยของรถยนต์เท่ากับแรงที่กระทำต่อรถยนต์ รถยนต์จึงไม่เคลื่อนที่ เพราะความเฉื่อย คือ แรงต้านการเคลื่อนที่ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: เนื่องจากรถยนต์มีมวลจึงมีความเฉื่อย เมื่อเริ่มต้นรถยนต์จอดนิ่ง รถยนต์จึงจอดนิ่งต่อไปเรื่อย ๆ เพราะความเฉื่อย คือ แรงต้านการเคลื่อนที่</p>
ประเภท	เปอร์เซ็นต์									
คลาดเคลื่อนทางลบ	33%									
คลาดเคลื่อน	50%									
คลาดเคลื่อนทางบวก	17%									

ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน								
<p>7. มโนทัศน์เรื่อง ความหมายของมวล</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม (ข้อ 7)</caption> <thead> <tr> <th>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน</th> <th>จำนวนนักเรียน (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง</td> <td>65%</td> </tr> <tr> <td>มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง</td> <td>24%</td> </tr> <tr> <td>มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง</td> <td>11%</td> </tr> </tbody> </table>	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	จำนวนนักเรียน (%)	มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง	65%	มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง	24%	มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง	11%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: ความเฉื่อยของรถยนต์เท่ากับแรงที่กระทำต่อรถยนต์ รถยนต์จึงไม่เคลื่อนที่ เพราะความเฉื่อย คือ การต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง</p>
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	จำนวนนักเรียน (%)									
มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง	65%									
มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง	24%									
มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง	11%									
<p>8. มโนทัศน์เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง</p>	 <table border="1"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม (ข้อ 8)</caption> <thead> <tr> <th>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน</th> <th>จำนวนนักเรียน (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง</td> <td>22%</td> </tr> <tr> <td>มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง</td> <td>68%</td> </tr> <tr> <td>มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table>	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	จำนวนนักเรียน (%)	มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง	22%	มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง	68%	มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง	10%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งเท่ากับศูนย์ เพราะแรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับมวลคูณความเร่ง</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: เมื่อมวลมีค่าคงที่ ขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ เพราะแรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับมวลคูณความเร่ง</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งเท่ากับศูนย์ เพราะเมื่อมีแรงลัพธ์ขนาดไม่เป็นศูนย์มากกระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุเกิด</p>
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	จำนวนนักเรียน (%)									
มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง	22%									
มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง	68%									
มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง	10%									

ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
<p>9. มโนทัศน์เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับความเร่ง</p>	<p>คลาดเคลื่อนทางลบ 21%</p> <p>คลาดเคลื่อนทางบวก 35%</p> <p>คลาดเคลื่อน 44%</p>	<p>ความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่กระทำ</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: เมื่อแรง F มีขนาดไม่เป็นศูนย์ ความเร่ง a และมวล m จะแปรผันตรงกับขนาดของแรง F เพราะความเร่งไม่ขึ้นกับแรง แต่จะขึ้นกับความเร็วของวัตถุ</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: เมื่อแรง F มีค่าคงที่ ความเร่ง a จะแปรผกผันกับขนาดของมวล m เพราะความเร่งไม่ขึ้นกับแรง แต่จะขึ้นกับความเร็วของวัตถุ</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: เมื่อแรง F มีขนาดไม่เป็นศูนย์ ความเร่ง a และมวล m จะแปรผันตรงกับขนาดของแรง เพราะความเร่งของวัตถุแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ แต่จะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: เมื่อหยุดรถทันทีทันใด ผู้โดยสารจะโยกตัวไปข้างหน้า เพราะเมื่อมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า Action และมีการหยุดกะทันหัน ทำให้เกิด Reaction โดยผู้โดยสารโยกตัวไปด้านหลังด้วยแรงที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้า</p>
<p>10. มโนทัศน์เรื่องวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อนำไปสรุปเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน</p>	<p>คลาดเคลื่อนทางบวก 4%</p> <p>คลาดเคลื่อนทางลบ 1%</p> <p>คลาดเคลื่อน 95%</p> <p>คลาดเคลื่อน 95%</p>	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: เมื่อหยุดรถทันทีทันใด ผู้โดยสารจะโยกตัวไปข้างหน้า เพราะเมื่อมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า Action และมีการหยุดกะทันหัน ทำให้เกิด Reaction โดยผู้โดยสารโยกตัวไปด้านหลังด้วยแรงที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้า</p>

ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
11. มโนทัศน์เรื่อง แรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา	<p>คลาดเคลื่อนทางลบ 38%</p> <p>คลาดเคลื่อนทางบวก 17%</p> <p>คลาดเคลื่อน 45%</p>	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: มี 2 คู่แรง ได้แก่ $\vec{N}_1 = -\vec{N}_2$ และ $\vec{R}_1 = -\vec{R}_2$ เพราะแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นเฉพาะกรณีที่วัตถุสัมผัสกันเท่านั้น</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: มี 3 คู่แรง ได้แก่ $\vec{W} = \vec{F}$, $\vec{N}_1 = -\vec{N}_2$ และ $\vec{R}_1 = -\vec{R}_2$ เพราะแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นเฉพาะกรณีที่วัตถุสัมผัสกันเท่านั้น</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: มี 2 คู่แรง ได้แก่ $\vec{N}_1 = -\vec{N}_2$ และ $\vec{R}_1 = -\vec{R}_2$ เพราะทุกแรงกิริยาจะต้องมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันและมีทิศตรงข้ามกันเสมอ</p>
12. มโนทัศน์เรื่อง ความหมายของน้ำหนัก	<p>คลาดเคลื่อนทางลบ 34%</p> <p>คลาดเคลื่อนทางบวก 21%</p> <p>คลาดเคลื่อน 45%</p>	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: ค่าที่เครื่องชั่งอ่านได้ มีค่าเท่ากับน้ำหนักเสมอ เพราะน้ำหนักของวัตถุ คือ ตัวเลขที่เครื่องชั่งอ่านได้เสมอ</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: น้ำหนัก คือ แรงที่โลกดึงดูดวัตถุ เพราะน้ำหนักของวัตถุ คือ ตัวเลขที่เครื่องชั่งอ่านได้เสมอ</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: ค่าที่เครื่องชั่งอ่านได้ มีค่าเท่ากับน้ำหนักเสมอ เพราะน้ำหนักของวัตถุ คือ ขนาดของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ</p>

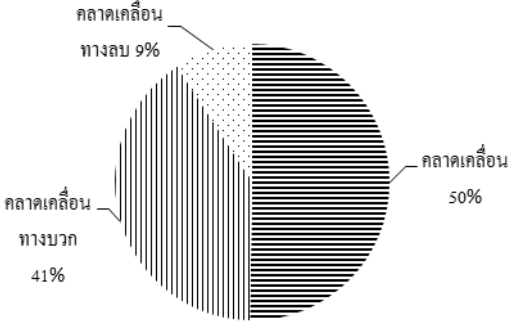
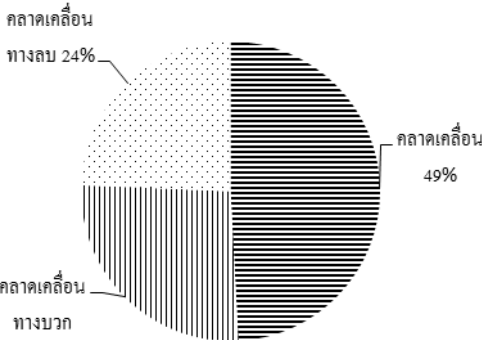
ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
13. มโนทัศน์เรื่อง น้ำหนักของวัตถุ	<p>คลาดเคลื่อนทางลบ 40%</p> <p>คลาดเคลื่อน 32%</p> <p>คลาดเคลื่อนทางบวก 28%</p>	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: $\frac{mg}{k}$ เพราะบนดาวดวงอื่นไม่มีแรงโน้มถ่วง</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: mk เพราะบนดาวดวงอื่นไม่มีแรงโน้มถ่วง</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: $\frac{mg}{k}$ เพราะน้ำหนักของวัตถุ คือขนาดของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ</p>
14. มโนทัศน์เรื่อง แรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	<p>คลาดเคลื่อนทางลบ 8%</p> <p>คลาดเคลื่อน 40%</p> <p>คลาดเคลื่อนทางบวก 52%</p>	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงกระทำร่วมขนาดของแรงเท่ากัน แต่ทิศทางเดียวกัน เพราะแรงดึงดูดระหว่างมวลเกิดขึ้น</p> <p>โดยที่มวลที่หนึ่งดึงดูดมวลที่สอง และมวลที่สองดึงดูดมวลที่หนึ่ง ขนาดของแรงเท่ากันในแนวเดียวกัน และทิศทางไปในแนวเดียวกัน</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: การที่ดาวเคราะห์สามารถโคจรรอบดวงอาทิตย์ได้เป็นผลมาจากแรงดึงดูดระหว่างมวล เพราะแรงดึงดูดระหว่างมวลเกิดขึ้น โดยที่มวลที่หนึ่งดึงดูดมวลที่สอง และมวลที่สองดึงดูดมวลที่หนึ่ง ขนาดของแรงเท่ากัน ในแนวเดียวกัน และทิศทางไปในแนวเดียวกัน</p>

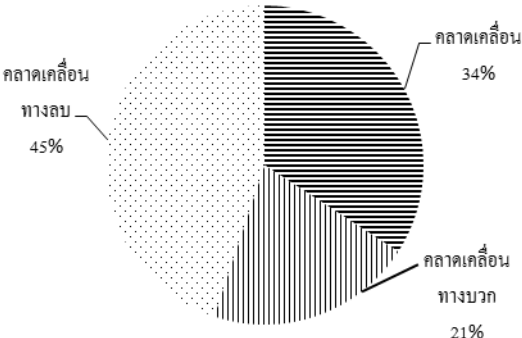
ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน								
<p>15. มโนทัศน์เรื่อง สนามโน้มถ่วงและแรงโน้มถ่วง</p>	<table border="1"> <caption>Data from Pie Chart</caption> <thead> <tr> <th>ประเภทคลาดเคลื่อน</th> <th>จำนวนนักเรียน (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางบวก</td> <td>63%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางลบ</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อน</td> <td>7%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภทคลาดเคลื่อน	จำนวนนักเรียน (%)	คลาดเคลื่อนทางบวก	63%	คลาดเคลื่อนทางลบ	30%	คลาดเคลื่อน	7%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงกระทำร่วม ขนาดของแรงเท่ากัน แต่ทิศทางเดียวกัน เพราะแรงโน้มถ่วงทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: แรงโน้มถ่วงมีทิศพุ่งเข้าหาสนามโน้มถ่วง เพราะสนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วง แรงโน้มถ่วงจึงมีทิศพุ่งเข้าหาสนามโน้มถ่วง</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อมวลของวัตถุ เรียกแรงดึงดูดนี้ว่าแรงโน้มถ่วง เพราะสนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วง แรงโน้มถ่วงจึงมีทิศพุ่งเข้าหาสนามโน้มถ่วง</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: แรงโน้มถ่วงมีทิศพุ่งเข้าหาสนามโน้มถ่วง เพราะเมื่อปล่อยวัตถุตกสู่พื้นโลก โลกมีสนามโน้มถ่วง สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงดึงดูด ซึ่งคือ แรงโน้มถ่วง</p>
ประเภทคลาดเคลื่อน	จำนวนนักเรียน (%)									
คลาดเคลื่อนทางบวก	63%									
คลาดเคลื่อนทางลบ	30%									
คลาดเคลื่อน	7%									

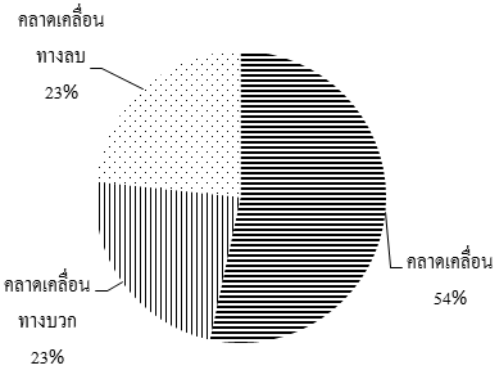
ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
<p>16. มโนทัศน์เรื่อง สภาพไร้น้ำหนัก</p>	 <p>คลาดเคลื่อนทางลบ 9%</p> <p>คลาดเคลื่อนทางบวก 41%</p> <p>คลาดเคลื่อน 50%</p>	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: สภาพที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เพราะสภาพไร้น้ำหนักของวัตถุส่งผลให้วัตถุไม่มีน้ำหนักมวลของวัตถุมีค่าเป็นศูนย์</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: สภาพที่วัตถุมีแรงโน้มถ่วงกระทำน้อยมาก เพราะสภาพไร้น้ำหนักของวัตถุส่งผลให้วัตถุไม่มีน้ำหนักมวลของวัตถุมีค่าเป็นศูนย์</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: สภาพที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เพราะวัตถุที่แรงโน้มถ่วงกระทำน้อยมากจนเกือบมีค่าเป็นศูนย์ วัตถุจะอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก</p>
<p>17. มโนทัศน์เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นผิวที่มีแรงเสียดทาน</p>	 <p>คลาดเคลื่อนทางลบ 24%</p> <p>คลาดเคลื่อนทางบวก 27%</p> <p>คลาดเคลื่อน 49%</p>	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: ผลของแรงเสียดทานทำให้วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลงเรื่อย ๆ จนหยุดนิ่งในที่สุด เพราะแรงเสียดทานมีผลต่อการเคลื่อนที่ คือ พยายามต่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ แต่ไม่ทำให้วัตถุหยุดนิ่งได้</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: แรงเสียดทานขึ้นอยู่กับขนาดหรือพื้นที่ของผิวสัมผัส เพราะแรงเสียดทานมีผลต่อการเคลื่อนที่ คือ พยายามต่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ แต่ไม่ทำให้วัตถุหยุดนิ่งได้</p>

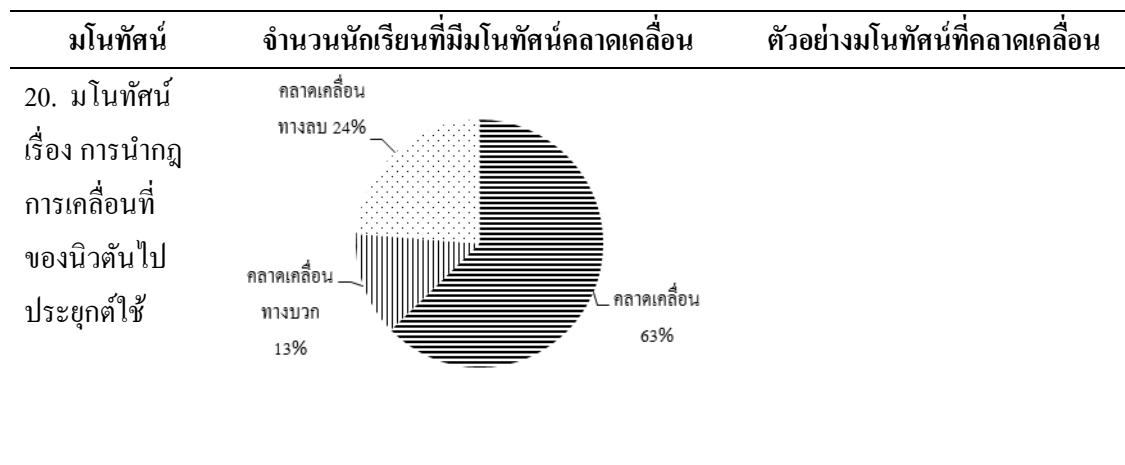
ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน								
<p>18. มโนทัศน์เรื่อง แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์</p>	 <table border="1" data-bbox="483 920 1007 1256"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม</caption> <thead> <tr> <th>ประเภท</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ทางลบ</td> <td>45%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อน</td> <td>34%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางบวก</td> <td>21%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภท	เปอร์เซ็นต์	ทางลบ	45%	คลาดเคลื่อน	34%	คลาดเคลื่อนทางบวก	21%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: ผลของแรงเสียดทานทำให้วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลงเรื่อย ๆ จนหยุดนิ่งในที่สุด เพราะขนาดของแรงเสียดทานจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของคู่วัตถุที่สัมผัสกัน และน้ำหนักของวัตถุที่กดตั้งฉากกับพื้นผิวหนึ่งเป็นหลัก</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าที่มากที่สุดขณะที่วัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจลน์จะมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิต เพราะขนาดของแรงเสียดทานสถิตจะเพิ่มขึ้นตามขนาดแรงภายนอกที่พยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่ จึงมีค่ามากที่สุดขณะที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ แต่เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่แล้วจะพบว่า แรงเสียดทานสถิตจะเท่ากับแรงเสียดทานจลน์</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: แรงเสียดทานสถิต คือ แรงที่ทำให้วัตถุอยู่นิ่ง ไม่เคลื่อนที่ แรงเสียดทานจลน์ คือ แรงที่ทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ เพราะขนาดของแรงเสียดทานสถิตจะเพิ่มขึ้นตามขนาดแรงภายนอกที่พยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่จึงมีค่ามากที่สุดขณะที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ แต่เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่แล้วจะพบว่า แรงเสียดทานสถิตจะเท่ากับแรงเสียดทานจลน์</p>
ประเภท	เปอร์เซ็นต์									
ทางลบ	45%									
คลาดเคลื่อน	34%									
คลาดเคลื่อนทางบวก	21%									

ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน								
19. มโนทัศน์เรื่อง แรงเสียดทานในสถานการณ์ต่าง ๆ	 <table border="1" data-bbox="507 994 1007 1361"> <caption>ข้อมูลจากกราฟวงกลม</caption> <thead> <tr> <th>ประเภทคลาดเคลื่อน</th> <th>เปอร์เซ็นต์</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางบวก</td> <td>54%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อนทางลบ</td> <td>23%</td> </tr> <tr> <td>คลาดเคลื่อน</td> <td>23%</td> </tr> </tbody> </table>	ประเภทคลาดเคลื่อน	เปอร์เซ็นต์	คลาดเคลื่อนทางบวก	54%	คลาดเคลื่อนทางลบ	23%	คลาดเคลื่อน	23%	<p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าที่มากที่สุด ขณะที่วัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจลน์จะมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิต เพราะแรงเสียดทานสถิตคือ แรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ ในขณะที่ยังไม่เกิดการเคลื่อนที่ ในขณะที่แรงเสียดทานจลน์เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน: แรงเสียดทานมีค่ามากกว่าน้ำหนักของกล่อง เพราะกล่องยังคงอยู่นิ่งไม่ขยับ เพราะมีแรงเสียดทานสถิตด้านอยู่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก: แรงเสียดทานสถิตมีค่าเท่ากับแรงโน้มถ่วงในแนวองค์ประกอบพื้นเอียง เพราะกล่องยังคงอยู่นิ่งไม่ขยับ เพราะมีแรงเสียดทานสถิตด้านอยู่</p> <p>มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ: แรงเสียดทานมีค่ามากกว่าน้ำหนักของกล่อง แรงที่กระทำต่อกล่องในแนวพื้นเอียงมี 2 แรง คือ แรงเสียดทานสถิตและแรงโน้มถ่วงในองค์ประกอบพื้นเอียง เหตุที่กล่องไม่เคลื่อนที่ เพราะแรงเสียดทานมีค่าเท่ากับองค์ประกอบของแรงโน้มถ่วง กล่องจึงอยู่ในสมดุล</p>
ประเภทคลาดเคลื่อน	เปอร์เซ็นต์									
คลาดเคลื่อนทางบวก	54%									
คลาดเคลื่อนทางลบ	23%									
คลาดเคลื่อน	23%									

ตารางที่ 24 (ต่อ)



จากตารางที่ 24 พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดในข้อที่ 1 มโนทัศน์เรื่อง ความหมายของแรง จำนวน 136 คน แยกออกเป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก จำนวน 10 คน นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ จำนวน 41 คน จากจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด 187 คน และข้อที่ 13 มโนทัศน์เรื่อง น้ำหนักของวัตถุ นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จำนวน 62 คน แยกออกเป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก จำนวน 17 คน นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ จำนวน 25 คน และมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จำนวน 20 คน

ตอนที่ 4 คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจนำแบบทดสอบฉบับนี้ไปใช้ ซึ่งรายละเอียด ประกอบด้วย

1. ความมุ่งหมายของแบบทดสอบ
2. หลักการและแนวคิด
3. โครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น
4. กระบวนการพัฒนาแบบทดสอบ
5. เวลาที่ใช้ในการดำเนินการสอบ
6. วิธีดำเนินการสอบ
7. การตรวจให้คะแนน
8. การแปลผล

9. การวินิจฉัย

10. ข้อเสนอแนะสำหรับการวินิจฉัย

สำหรับรายละเอียดคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข หน้า 145-159

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นในด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจ เพื่อหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) จำนวนนักเรียน 100 คน กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) จำนวนนักเรียน 160 คน กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้มาจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G*power ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 315 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งสุ่มมาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า คือ 1) แบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จำนวน 20 ข้อ โดยมีลักษณะเป็นแบบเติมคำลงในช่องว่าง พร้อมบอกเหตุผลประกอบการตอบหรือแสดงวิธีคิด เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นต่อไป 2) แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น โดย ชั้นที่หนึ่ง เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำถามได้มาจกแบบสำรวจที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิด และตัวลวงได้มาจากการรวบรวมคำตอบผิดของนักเรียนในแบบสำรวจเช่นกัน ชั้นที่สอง เป็นเหตุผลที่ใช้สนับสนุนการตอบชั้นที่หนึ่ง มีลักษณะเป็นตัวเลือก 4 ตัวเลือก โดยมีเหตุผลที่ถูกต้องเพียงเหตุผลเดียว นอกจากนั้นเป็นตัวลวงที่ได้มาจากการรวบรวมเหตุผลที่ผิดที่นักเรียนตอบในแบบสำรวจ และชั้นที่สาม เป็นการยืนยันคำตอบในสองชั้นแรกว่ามั่นใจในคำตอบหรือไม่

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยนำแบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน เพื่อสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียน ข้อบกพร่องและรวบรวมคำตอบผิด เมื่อได้แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นแล้วได้นำไปทดลองใช้

ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 160 คน จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแบบทดสอบ แล้วนำแบบทดสอบวินิจฉัยที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน จากนั้นนำแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นที่ผ่านการทดลองใช้ทั้ง 2 ครั้ง มาใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 18 จำนวน 315 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับและวิเคราะห์หัม โนทัศน์ของนักเรียน

วิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content validity) กำหนดได้จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ (IOC) หาค่าความยาก (Difficulty) โดยใช้สูตรการหาค่าความยากของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ หาคะแนนจุดตัด (Cut-off score) โดยใช้วิธีการหาคะแนนจุดตัดตามวิธีของ Angoff หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยใช้สูตรของ Brennan ซึ่งเรียกว่าดัชนีอำนาจจำแนกบี (Discrimination index B) หาค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) และหาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตร Livingston

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการศึกษาหลักสูตร โครงสร้างรายวิชา ฟิสิกส์ 1 วิเคราะห์เนื้อหาและมโนทัศน์ในเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ แล้วนำมาสร้างเป็นแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน เพื่อสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียนแล้วนำผลการทดสอบมารวบรวมคำตอบเพื่อสร้างเป็นตัววงของข้อสอบแต่ละข้อในชั้นที่ 1 (FT) ซึ่งมีคำตอบ 4 ตัวเลือก และนำเหตุผลที่นักเรียนตอบผิดมาเป็นตัววงในข้อสอบชั้นที่ 2 (ST) สำหรับชั้นที่ 3 (TT) เป็นชั้นยืนยันความมั่นใจในการตอบชั้นที่ 1 (FT) และชั้นที่ 2 (ST) ว่ามั่นใจหรือไม่ ได้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จำนวน 20 ข้อ

ตอนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

2.1 การตรวจสอบคุณภาพรายข้อ

2.1.1 การทดลองครั้งที่ 1 กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 160 คน

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 ข้อ ไปทดลองใช้ ครั้งที่ 1

เพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อ แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185) และค่าอำนาจที่ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (Brennan et al., 1974, pp. 244-261) จำนวน 13 ข้อ ส่วนข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 7 ข้อ ทำการปรับปรุงคำถามและตัวเลือก แล้วนำไปทดลองครั้งที่สอง

2.1.2 การทดลองครั้งที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน

จากการทดลองใช้ ครั้งที่ 2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้ออีกครั้งหนึ่ง แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก พบว่า ข้อสอบทุกข้อผ่านเกณฑ์ที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185) และค่าอำนาจที่ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (Brennan et al., 1974, pp. 244-261)

2.1.3 การนำไปใช้จริง กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 315 คน

เมื่อนำข้อสอบที่ผ่านการทดลองหาคุณภาพแล้ว ไปใช้ทดสอบวินิจฉัยจริงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 315 คน พบว่า ข้อสอบทุกข้อยังคงมีคุณภาพรายข้ออยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ทุกข้อ และทุกชั้น โดยมีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185) และค่าอำนาจจำแนกที่ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (Brennan et al., 1974, pp. 244-261) ดังนี้

ชั้นที่ 1 (*FT*) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.27-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.21-0.48

ชั้นที่ 2 (*ST*) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.31-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.25-0.58

ชั้นที่ 3 (*TT*) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.60-0.90 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.24-0.58

ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (*BT*) มีค่าความยากตั้งแต่ 0.23-0.68 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.25-0.68

ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (*AT*) มีค่าความยาก 0.20-0.58 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.25-0.79

ข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ในระดับค่อนข้างยากถึงค่อนข้างง่าย และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

2.2 การตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ทั้งฉบับ โดยการนำแบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นไปหาคะแนนจุดตัด โดยใช้วิธีของแองกอฟฟ์ (Angoff) เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดตัดของผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 5 คน มีคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบวินิจฉัยนิเทศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เป็น 13 คะแนน แล้วนำไปหาค่าความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

2.2.1 ความเชื่อมั่น (Reliability)

จากการทดลองใช้ครั้งที่ 1 โดยใช้สูตรของลิวิสตัน ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 ชั้นที่ 1 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.87 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.92 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.92

จากการทดลองใช้ครั้งที่ 2 โดยใช้สูตรของลิวิสตัน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยนิเทศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.91 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.93 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.95

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยนิเทศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น จากการใช้นิเทศน์นิเทศน์ที่คลาดเคลื่อนกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 315 คน ได้ค่าความเชื่อมั่น ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.88 ชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 ชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.89 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.92 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความเชื่อมั่น 0.93

2.2.2 ความเที่ยงตรง (Validity)

ผู้วิจัยหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยนิเทศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น โดยวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนระหว่างชั้น จากการทดลองใช้ครั้งที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างชั้น 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) กับคะแนนชั้นที่ 3 (TT) มีค่า 0.75 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 โดยความสัมพันธ์ของคะแนนแต่ละชั้นมีความสัมพันธ์กันทางบวก ระดับสูง โดยพิจารณาจากเกณฑ์ (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2553, หน้า 313-314) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 1 ถือว่ามีความสัมพันธ์กันสูง

ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวินิจฉัยนิเทศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนน ชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ค่าเฉลี่ย คือ 11.86, 11.22, 14.84, 8.74 และ 7.41 ตามลำดับ สำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบวินิจฉัยนิเทศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น มีค่า 4.57, 4.61, 4.78, 5.36 และ 5.66 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยนิเทศน์ที่คลาดเคลื่อน

วิเคราะห์การตอบถูกในแต่ละชั้นของแบบทดสอบวินิจฉัยนิเทศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น พบว่า ชั้นที่ 1 (FT) และชั้นที่ 2 (ST) ที่เป็นส่วนของคำถามและเหตุผลในการตอบ

นักเรียนจะสามารถตอบถูกชั้นใดชั้นหนึ่งมากกว่าที่จะตอบถูกทั้งสองชั้น และในส่วนของชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) ที่นักเรียนจะต้องตอบถูกในชั้นที่ 1 แล้วมีเหตุผลได้ถูกต้องในชั้นที่ 2 และยืนยันคำตอบว่ามั่นใจในชั้นที่ 3 เป็นชั้นที่นักเรียนตอบถูกน้อยที่สุด

แปลผล โทศน์ของนักเรียนจากแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น พบว่านักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องสามารถทำแบบทดสอบวินิจฉัยถูกทั้งสามชั้น มีจำนวนใกล้เคียงกับนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน และเมื่อจำแนกประเภทของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก และนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ พบว่า จำนวนของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนลดลง และจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวกมีมากกว่าจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ

ผลการวินิจฉัย พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่อง ความหมายของแรง นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากที่สุด เรื่อง การวิเคราะห์การเกิดแรง และเรื่อง น้ำหนักของวัตถุ นักเรียนที่เดาหรือขาดความเชื่อมั่นมากที่สุดในเรื่อง สนามโน้มถ่วงและแรงโน้มถ่วง และเรื่องที่นักเรียนขาดความรู้มากที่สุด คือ เรื่องความเฉื่อยของวัตถุ

ตอนที่ 4 คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย หลักการและแนวคิด ความมุ่งหมายของแบบทดสอบ โครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น กระบวนการพัฒนาแบบทดสอบ เวลาที่ใช้ในการดำเนินการสอบ วิธีดำเนินการสอบ การตรวจให้คะแนน การแปลผล การวินิจฉัยและข้อเสนอแนะสำหรับการวินิจฉัย ซึ่งคู่มือมีการอธิบายการใช้งานได้ครอบคลุม มีภาษาที่ใช้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย วิธีการดำเนินการสอบมีการระบุไว้อย่างชัดเจนสามารถปฏิบัติตามได้

อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถอภิปรายผลของการวิจัยได้ ดังนี้

1. การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นครั้งนี้ได้มีการสำรวจมโนทัศน์ของนักเรียนก่อน โดยใช้แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนปลายเปิด เพื่อค้นหา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือจุดบกพร่องในมโนทัศน์ต่าง ๆ ของนักเรียน รวมถึงได้มีการสัมภาษณ์นักเรียนและครูผู้สอน

ที่เชี่ยวชาญในการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ถึงมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่นักเรียนมักจะเข้าใจผิดในระหว่างทำการเรียนการสอน จากนั้นได้รวบรวมคำตอบผิดของนักเรียนเพื่อมาสร้างเป็นตัวลงในคำถาม และได้้นำเหตุผลที่ผิดที่ได้จากการสำรวจและสัมภาษณ์ที่สอดคล้องกับคำตอบที่คิดมาสร้างเป็นตัวลงในชั้นที่ 2 ทำให้สามารถสร้างตัวเลือกในแบบทดสอบได้ง่ายขึ้นและมีประโยชน์ในการวินิจฉัยนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ วิธีการเช่นนี้สอดคล้องกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักวิจัยหลายคน เช่น Kutluay (2005, p. 34) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนหลักในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น มีอยู่ 3 ขั้นตอน นั่นคือ สัมภาษณ์ สร้างแบบสอบถามปลายเปิด และสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น Treagust (1995, pp. 327-346) ระบุว่าขั้นตอนในการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้นว่า มี 3 ขั้นตอน คือ กำหนดเนื้อหาโดยการศึกษาเอกสารต่าง ๆ สำรวจมโนทัศน์ของนักเรียนโดยการสัมภาษณ์และตอบแบบสอบถามปลายเปิด และสุดท้ายทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยทำให้ได้แบบทดสอบวินิจฉัยที่มีคุณภาพสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ตรงกับสภาพความเป็นจริงมากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Milenković et al. (2016, p. 1515) ที่ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น โดยการใช้แบบสอบถามปลายเปิดเพื่อสำรวจมโนทัศน์ของนักเรียน

2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

2.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

จากผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยใช้สูตรของ โรวินลลี และ แสมเบลตัน พบว่า มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งพิจารณาจากเกณฑ์ IOC ควรมากกว่าหรือเท่ากับ .80 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 242) แสดงว่า ข้อสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสูง วัดได้สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่ต้องการจริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของลิวัน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, หน้า 246) ที่กล่าวว่า เครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหานั้น เครื่องมือต้องถามในเนื้อหาและสาระตรงตามสิ่งที่เป็นสาระของสิ่งที่ต้องการวัด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการวิเคราะห์เนื้อหาและมโนทัศน์ของวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ รวมทั้งจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ที่เชี่ยวชาญในการสอนเรื่องนี้ ทำให้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสูง และผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นงนุช สุภวรรณ์ (2547, หน้า 104) ได้พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยเรื่อง ฟิสิกส์อะตอม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา เท่ากับ 1.00 ยูพิน พวงจันทร์ (2557, หน้า 104) ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง ของนักเรียน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของข้อสอบทุกข้อ มีค่าเฉลี่ย 0.60-1.00

2.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยวิธีการหาความสัมพันธ์ของคะแนนในแต่ละชั้น ผลปรากฏว่าในชั้นการทดลองใช้ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นมีค่าอยู่ระหว่าง .70-.97 และในชั้นตอนการวินิจฉัย ความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างชั้นมีค่าอยู่ระหว่าง .91-.99 แสดงว่าข้อสอบมีความสัมพันธ์กันสูง (Hinkle, William & Stephen, 1998, p. 118) ในส่วนของ Pesman (2005, p. 69) ได้พัฒนาแบบทดสอบสามชั้นเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง วงจรไฟฟ้าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีค่าความตรงเชิงโครงสร้างระหว่างชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) กับชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) เท่ากับ .508 มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 Cetin et al. (2011, p. 602) ได้พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เรื่อง กรดและเบส มีค่าความตรงเชิงโครงสร้างโดยความสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) กับชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) เท่ากับ .45 และ Milenkovic et al. (2016, p. 1517) ได้การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์สามชั้นเพื่อวินิจฉัยความเข้าใจผิดเรื่อง คาร์โบไฮเดรต ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) กับชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) เท่ากับ .75 ในส่วนของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ เมื่อพิจารณาค่าความตรงเชิงโครงสร้างด้วยค่าความสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) กับชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) ปรากฏว่ามีความสัมพันธ์กันทางบวก .95 ซึ่งแสดงว่ามีความสอดคล้องกันของคะแนนจากคำตอบระหว่างชั้นในทิศทางเดียวกันสูง

2.3 ค่าความยากของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

จากการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อ ค่าความยากของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ได้ทดลองใช้แบบทดสอบวินิจฉัย 2 ครั้ง โดยครั้งแรกแบบทดสอบวินิจฉัยในแต่ละชั้น มีค่าความยากตั้งแต่ .01-.84 จากนั้นได้ปรับปรุงข้อที่มีความยากไม่ผ่านเกณฑ์ และได้นำไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 พบว่า มีค่าความยากในแต่ละชั้นมีค่าตั้งแต่ .20-.58 และในชั้นตอนการใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มีค่าความยากตั้งแต่ .20-.80 โดยกระจายอยู่ระดับค่อนข้างยากถึงค่อนข้างง่าย และเมื่อพิจารณาข้อสอบในแต่ละชั้น พบว่า ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความยากตั้งแต่ .27-.80 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าความยากตั้งแต่ .23-.68 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความยากตั้งแต่ .20-.58 ค่าความยากของแบบทดสอบวินิจฉัยชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) จะมีค่าความยากต่ำที่สุด สอดคล้องกันกับงานวิจัยของ

Milenković et al. (2016, p. 1517) ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความยาก 0.72 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าความยาก 0.67 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความยาก .47 และในงานวิจัย Lemma (2012, p. 26) ได้พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาเคมี โดยมีค่าความยากเฉลี่ยในแต่ละชั้นดังนี้ ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความยาก .41 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าความยาก .35 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าความยาก .32 แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย คำถาม 3 ส่วน ซึ่งในแต่ละชั้นก็จะเพิ่มความยากขึ้น ตามลำดับ จึงทำให้ค่าความยากของแบบทดสอบ มีความยากเพิ่มขึ้นตามจำนวนชั้น แต่เมื่อเทียบกับเกณฑ์แล้วข้อสอบวินิจฉัยทุกชั้นมีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง .20-.80 สามารถใช้เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยได้

2.4 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

จากการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพรายข้อ ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ได้ทดลองใช้แบบทดสอบวินิจฉัย 2 ครั้ง โดยครั้งแรกแบบทดสอบวินิจฉัยในแต่ละชั้นมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .00-.99 จากนั้นได้ปรับปรุงข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ และได้นำไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 พบว่า มีค่าอำนาจจำแนกในแต่ละชั้นตั้งแต่ .23-.83 และในขั้นตอนการใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .21-.79 โดยอยู่ในระดับถูกต้องบางส่วนถึงถูกต้องส่วนใหญ่ (Brennan et al., 1974, pp. 244-261) และเมื่อพิจารณาข้อสอบในแต่ละชั้น พบว่า ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .21-.48 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าอำนาจจำแนก .25-.68 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .25-.79 จากการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกในแต่ละชั้น จะเห็นว่าในชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) สามารถจำแนกนักเรียนที่รอบรู้กับนักเรียนที่ไม่รอบรู้ได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Lemma (2012, p. 26) ชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความอำนาจจำแนก .28 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) มีค่าอำนาจจำแนก .32 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าอำนาจจำแนก .36 Milenković et al. (2016, p. 1517) ได้การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์สามชั้นเพื่อวินิจฉัยความเข้าใจผิด เรื่อง คาร์โบไฮเดรต ในชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าอำนาจจำแนก .55 Kirbulut and Geban (2014, p. 516) ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้นเพื่อประเมินความเข้าใจผิดของนักเรียนในเรื่องสถานะของสสาร ในชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT) มีค่าอำนาจจำแนก .49 แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย คำถาม 3 ส่วน ซึ่งในแต่ละชั้นก็จะเพิ่มความซับซ้อนของคำถามที่จะใช้จำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้มากขึ้นตามลำดับ จึงทำให้

ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ มีเพิ่มขึ้นตามจำนวนชั้น เมื่อเทียบกับเกณฑ์ค่าอำนาจแล้ว
ข้อสอบวินิจฉัยทุกชั้นมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ สามารถใช้เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยได้

2.5 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น จากการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยแต่ละชั้น

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัย ด้วยสูตรของ Livingston ใช้คะแนนจุดตัด 13 คะแนน
ค่าความเชื่อมั่นจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1 มีค่าความเชื่อมั่นในแต่ละชั้นตั้งแต่ .87-.92 ในการทดลอง
ใช้ครั้งที่ 2 มีค่าความเชื่อมั่นแต่ละชั้นตั้งแต่ .90-.95 และในการใช้วินิจฉัยมโนทัศน์มโนทัศน์ที่
คลาดเคลื่อนจริง มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .88-.93 โดยที่ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 1 (FT) มีค่าความเชื่อมั่น
.88 ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 2 (ST) มีค่าความเชื่อมั่น .89 ค่าความเชื่อมั่นชั้นที่ 3 (TT) มีค่าความเชื่อมั่น
.89 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 มีค่าความเชื่อมั่น (BT) .92 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3
มีค่าความเชื่อมั่น (AT) .93 โดยแบบทดสอบวินิจฉัยชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 1 ร่วมกับ
ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูงมาก พิจารณาจากเกณฑ์ (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2553,
หน้า 313-314) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถ้าสูงกว่า .90 ถือว่าอยู่ในระดับสูง สอดคล้องกับงานวิจัย
ของ Cetin et al. (2011, p. 603) ในใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้นเพื่อประเมินความเข้าใจผิดของ
นักเรียนในเรื่อง สถานะของสสาร มีค่าความเชื่อมั่นในชั้นที่ 1 (FT) 0.58 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2
มีค่าความเชื่อมั่น (BT) .59 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 มีค่าความเชื่อมั่น (AT) .72
Milenkovic et al. (2016, p. 1517) ได้การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์สามชั้นเพื่อวินิจฉัย
ความเข้าใจผิด เรื่อง คาร์โบไฮเดรต มีค่าความเชื่อมั่นในชั้นที่ 1 (FT) .73 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2
มีค่าความเชื่อมั่น (BT) .79 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 มีค่าความเชื่อมั่น (AT) .88
และในงานวิจัยของ Kirbulut and Gebanc (2014, p. 517) ได้ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น
เพื่อประเมินความเข้าใจผิดของนักเรียนในเรื่องสถานะของสสาร มีค่าความเชื่อมั่นในชั้นที่ 1
(FT) .62 ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 มีค่าความเชื่อมั่น (BT) .73 และชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3
มีค่าความเชื่อมั่น (AT) .83 ซึ่งจะเห็นว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่
คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นจะเพิ่มขึ้นตามระดับจำนวนชั้นของแบบทดสอบวินิจฉัย สอดคล้องกับ
Cetin et al. (2011, p. 603) ได้กล่าวว่สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ชั้นแรก
จนถึงระดับสามชั้น ซึ่งทำให้แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นมีความน่าเชื่อถือมากกว่าแบบ
วินิจฉัยชั้นเดียวและสองชั้น Türker (2005, pp. 26-28) ที่กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น
จะช่วยเพิ่มระดับความมั่นใจในการตอบในการทดสอบสองชั้นแรก การเพิ่มระดับความมั่นใจ
ในการตอบนี้จะช่วยให้ผู้วินิจฉัยเห็นถึงความเชื่อมั่นในแนวคิดของนักเรียน

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

จากผลการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แล้ว นักเรียนมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ร้อยละ 37.16 นักเรียนมีมีโนทัศน์ที่ถูกต้อง ร้อยละ 37.02 นักเรียนขาดความรู้ ร้อยละ 19.10 และนักเรียนเคาหรือขาดความเชื่อมั่น ร้อยละ 6.72 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ส่วนใหญ่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และจำนวนผู้ที่มีมีโนทัศน์ที่ถูกต้องยังอยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจหรือมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อการเรียนรู้ (Inadequate performance) ซึ่ง Gilbert (1977, pp. 165-171) กล่าวว่า ถ้ามีจำนวนนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่ถูกต้อง ร้อยละ 75 ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ร้อยละ 50-74 อยู่ในระดับพึงพอใจ และต่ำกว่า ร้อยละ 50 อยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจ หรือไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการเรียนรู้ (Inadequate performance) ผลการวิจัยนี้แตกต่างจาก Milenković et al. (2016, p. 1515) ที่ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยเรื่อง คาร์โบไฮเดรต (SDTK) พบว่า นักเรียนมีมีโนทัศน์ที่ถูกต้องมากที่สุด ร้อยละ 47.45 นักเรียนมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เพียงร้อยละ 7.31

แบบทดสอบวินิจฉัยมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นสามารถจำแนกนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกเป็นนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน นักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวกและนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ ซึ่งจากการนำแบบทดสอบวินิจฉัยไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักเรียนมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก เฉลี่ยร้อยละ 10.70 และมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ เฉลี่ยร้อยละ 8.19 ซึ่งอยู่ในระดับที่น่าพอใจ กล่าวคือ มีจำนวนนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบไม่มากนัก ซึ่ง Hestenes and Halloun (1995, p. 504) ที่ได้กล่าวว่า จำนวนนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบไม่ควรเกิน ร้อยละ 10 ส่วนความคลาดเคลื่อนทางบวก คือ นักเรียนที่ตอบถูกในชั้นแรก แต่ตอบผิดในชั้นที่สองนั้นเป็นธรรมชาติของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้น ที่ตอบถูกในชั้นแรกแล้วอาจมีผู้ตอบผิดในชั้นที่สอง หากไม่มีมีโนทัศน์ที่ถูกต้องอย่างแท้จริง ซึ่งการลดจำนวนนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ทางบวกนั้นซึ่งทำได้ยาก

ตอนที่ 4 คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

โชติ เพชรชื่น (2544, หน้า 7) กล่าวว่า การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย ต้องจัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบ เพื่อจะได้นำไปวินิจฉัยได้อย่างถูกต้อง คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีการกำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบและมีการอธิบายการใช้งาน วิธีการดำเนินการสอบไว้ อย่างชัดเจนสามารถปฏิบัติตามได้ การตรวจและเกณฑ์การให้คะแนน การแปลผลการวินิจฉัย

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นไปตามขั้นตอน ซึ่งผลที่ได้สามารถนำมาวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเป็นรายบุคคลได้ สอดคล้องกับ พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551, หน้า 230) กล่าวว่า คำชี้แจงของแบบทดสอบเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของแบบทดสอบ ซึ่งจะช่วยสร้างความเข้าใจในการทำข้อสอบให้แก่ผู้สอบปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง และช่วยป้องกันปัญหา หรือความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นจากการดำเนินการสอบ นอกจากนี้คำชี้แจงควรประกอบด้วย จุดมุ่งหมาย การของการวัด ลักษณะของแบบทดสอบ จำนวน ข้อสอบ เวลาที่ใช้ในการสอบ วิธีการตอบ และการตรวจให้คะแนน

ข้อเสนอแนะ

จากการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ผู้ที่สนใจใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ควรศึกษาคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบวินิจฉัยให้เข้าใจ ทั้งนี้เพื่อให้การวินิจฉัยผู้เรียนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 แบบทดสอบวินิจฉัย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เหมาะสำหรับคณาจารย์ที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยผลการวินิจฉัยสามารถแยกนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง นักเรียนที่ขาดความรู้ นักเรียนที่เดาหรือขาดความเชื่อมั่น และนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ไข และพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนและสร้างความพร้อมในการเรียนในเรื่องต่อไป และในชั้นที่สูงขึ้น

1.3 ควรให้นักเรียนได้ทราบผลการวินิจฉัยอย่างรวดเร็ว และเมื่อครูผู้สอน พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในมโนทัศน์เรื่องใด ควรจัดการสอนซ่อมเสริมให้หรือหาวิธีปรับเปลี่ยนแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนก่อนการเรียนเนื้อหาต่อไป และถ้าพบนักเรียนที่ขาดความรู้ในมโนทัศน์นั้นควรที่จะสอนซ่อมเสริม หรือปรับเปลี่ยน ออกแบบวิธีการเรียนการสอน เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในมโนทัศน์นั้น ๆ เพื่อที่จะได้มีความรู้ที่ถูกต้องสามารถเรียนรู้ในระดับสูงขึ้นไป

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 สร้างแบบทดสอบวินัจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในเนื้อหาเรื่องอื่น ๆ หรือในวิชาอื่น ๆ เพราะการศึกษาวิจัยเรื่องนี้ และทำสำเร็จจนมีปริมาณที่มากพอก็อาจสามารถสร้างทิศทางหรือระบบการเรียนการสอนที่ใช้ทดสอบการคิดของนักเรียนไทย ทำให้นักเรียนถูกฝึกให้เป็นคนช่างคิด คิดเป็น และคิดจนไปสู่แนวคิดที่ถูกต้องได้

2.2 สร้างแบบทดสอบวินัจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสี่ชั้น เพื่อเพิ่มความมั่นใจและความถูกต้องที่แยกประเภทนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และขาดความรู้ออกจากกัน ได้อย่างถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น

2.3 ควรศึกษาวิจัย วิธีแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2532). รายงานผลเกี่ยวกับการวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: การศาสนา.
- เกษราภรณ์ เต็งมีศรี. (2549). เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 0202222 พีชคณิตเชิงเส้นเบื้องต้น. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ไข่มุก เลื่องสุนทร. (2552). การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 1. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชูศรี วงศ์ตันนะ. (2553). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ: ไทเนรมิตกิจ อินเตอร์โพรเกรสซิฟ.
- โชติ เพชรชื่น. (2544, เมษายน). แบบทดสอบวินิจฉัย. สารานุกรมศึกษาศาสตร์, 23, 7-11.
- ธวัชวินทร์ ยิ้มละมัย. (2557). การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- นงนุช สุภวรรณ. (2547). การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัย เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2523). แบบทดสอบวินิจฉัย. วารสารการวัดผลการศึกษา, 2(1), 9-11.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2535). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน. (2557). การแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการงานมหกรรมทางการศึกษาเพื่อพัฒนาวิชาชีพครู ครั้งที่ 7. วันที่ 15-17 ตุลาคม 2557 อาคารอิมแพคฟอรัม (ฮอลล์ 9) อิมแพค เมืองทองธานี.
- พิชิต ฤทธิรัฐ. (2551). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์ มีสท์.
- ไพฑูริย์ สีนลารัตน์. (2554). รายงานการวิจัยเรื่องการกวาดวิชาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: องค์การตำราของคุรุสภา.

- ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2558). *ประโยชน์ของการเรียนฟิสิกส์*. เข้าถึงได้จาก <http://www.physics.kmutt.ac.th/version2558/students2558/benefit.html>
- ยุพิน พวงจันทร์. (2557). *การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียงสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วลี เฉลยสมัย. (2538). *การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาที่คำนึงถึงสภาพที่เป็นจริงของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิดา ช่อนจำ. (2551). *การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 6)*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการวัดและประเมินทางการศึกษา*, *SDU Res. J*, 9(2), 274-281.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2538). *การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2546). *การวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของผู้เรียน. ใน บรรณาธิการ สุวิมล ว่องวานิช, หนังสือชุดปฏิรูปการศึกษา “การประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่”* หน้า 254-276. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศุภการณ์ สว่างเมืองวรกุล. (2552). *การวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเมืองแพร์ จังหวัดแพร่*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2558). *คู่มือการจัดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*.

กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*. กรุงเทพฯ:

อรุณการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *สรุปผลการวิจัย PISA 2015, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

สมนึก ภัททิยชนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กภาพสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สิริพัฒน์ ประโทนเทพ. (2555). ทำอย่างไรถึงจะเก่งฟิสิกส์. *นิตยสาร สสวท.*, 40(177), 36-39.

สุริยาพร อุดลย์พงษ์ไพศาล. (2552). *แบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุวิมล เขียวแก้ว. (2540). *สาระร่วมสมัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา*. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

แสงเดือน เจริญนิม. (2553). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างเสริม มโนทัศน์และการแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 1(2), 64-78.

อรรถกโกวิท ไชยประเสริฐ. (2555). *การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชันของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนในเครือคริสตจักรสะพานเหลือง*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

อัมพร ม้าคอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุไรวรรณ ทันบุญตร. (2523). *การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยความบกพร่องในการเรียนรู้ เรื่อง เศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดนครสวรรค์*. ปรินญาณิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- ไอนิ่ง เจ๊ะเหลาะ. (2558). การศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 2(1), 1-11.
- Amir, R., & Tamir, P. (1994). Detailed analysis of misconceptions as a basis for developing remedial instruction: The case of photosynthesis. *The American Biology Teacher*, 52(2), 94-106.
- Angoff, W. H. (1953). Test reliability and effective test length. *Psychometrika*, 18, 1-14.
- Bailey, J. M., & Slater, T. F. (2004). A review of astronomy educational research. *Astronomy Education Review*, 2(2), 20-45.
- Bayrak, B. K. (2013). Using two-tier test to identify primary students' conceptual understanding and alternative conceptions in acid base. *Mevlana International Journal of Education (MIJE)*, 3(2), 19-26.
- Brennan, P. A., Mednick, B. R., & Mednick, S. A. (1974). Parental psychopathology, congenital factors, and violence. In S. Hodgins (Ed.), *Mental disorder and crime* (pp. 244-261). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Brown, D. E. (1992). Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: Factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 17-34.
- Brown, F. G. (1970). *Principles of educational and psychological testing*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Buzzo, R., & Montecinos, A. M. (2014). *Proposal of an enriched three-tier test to assess learning risks in students on undergraduate physics courses*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Avenida Universidad 330 Curauma, Valparaíso, Chile.
- Carver, N. P. (1970). *Analysis of "chunked" test items as measures of reading and listening comprehension I*. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-3984.1970.tb00708.x>
- Cataloglu, E. (2002). *Development and validation of an achievement test in introductory quantum mechanics: The quantum mechanics visualization instrument (QMVI)*. Retrieved from <http://etda.libraries.psu.edu/theses/approved/WorldWideIndex/ETD145>

- Cetin, A., Dindar, A., & Gebanc, O. (2011). Development of a three-tier test to assess high school students' understanding of acids and bases. *Procedia Social and Behavioral Sciences, 15*, 600-604.
- Chandrasegarana, A. L., Treagusta, D. F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice, 8*(3), 293-307.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement, 20*, 37-46.
- Committee on Undergraduate Science Education. (1997). *Science teaching reconsidered: A handbook*. Washington, DC: National Academy Press.
- Cox, R. C., & Vargas, J. S. (1966). A comparison of item selection techniques for norm-referenced and criterion referenced test. *Paper presented at the Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education*.
- Demirci, N. (2005). A study about students' misconceptions in force and motion concepts by incorporating a web-assisted physics program. *The Turkish Online Journal of Educational Technology, 4*(3), 7.
- Eryilmaz, A., & Sürmeli, E. (2002). *The assessment of students' misconceptions about heat and temperature concepts by means of three-tier questions*. Thesis, Middle East Technical University.
- Fisher, C. D. (1985). Social support and adjustment to work: A longitudinal study. *Journal of Management, 11*(3), 39-53.
- Gilbert, J. K. (1977). The study of student misunderstandings in the physical sciences. *Res. Sci. Educ., 7*(1), 165-171.
- Griffard, P. B., & Wandersee, J. H. (2001). *The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose?*. *International Journal of Science Education, 23*(10), 1039-52.
- Gronlund, N. E. (1967). *Measurement and evaluation in teaching*. New York: Macmillan.
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 11*(5), 989-1008.

- Hambleton, R. K., & Novick, M. R. (1973). Toward an integration of theory and method for criterion-referenced tests. *Journal of Educational Measurement*, 10(1), 159-170.
- Hançer, H. A., & Durkan, N. (2008). Turkish pupils understanding of physical concept: force and movement. *World Applied Sciences Journal*, 3(1), 45-50.
- Harris, C. W. (1972). An interpretation of livingston's reliability coefficient for criterion-referenced test. *Journal of Educational Measurement*, 9(2), 27-29.
- Hestenes, D., & Halloun, I. (1995). Interpreting the force concept inventory. *The Physics Teacher*, 33, 502-506.
- Hewitt, P. G. (2015). *Conceptual physics* (12th ed.). United states of America: Courier Kendallville.
- Hinkle, D. E., William, W., & Stephen, G. J. (1998). *Applied statistics for the behavior sciences* (4th ed.). New York: Houghton Mifflin.
- Hoyt, C. J. (1941). *Note on a simplified method of computing test reliability*. Retrieved from <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/001316444100100109>
- Karpudewan, M., Roth, W. M., & Chandrakesan, K. (2015). Remediating misconceptions on climate change among secondary school students in Malaysia. *Environmental Education Research*, 21(4), 631-648.
- Kennedy, E. C. (1980). *Classroom approaches to remedail reading* (3rd ed.). Itasca: F.E. Peacock.
- Kirbulut, Z. D., & Geban, O. (2014). Using three-tier diagnostic test to assess students' misconceptions of states of matter. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(5), 509-521.
- Kutluay, Y. (2005). *Diagnosis of eleventh grade student's misconceptions about geometric optic by a three-tier test*. Thesis, Middle East Technical University.
- Leinonen, R., Asikainen, M. A., & Hirvonen, P. E. (2013). Overcoming students' misconceptions concerning thermal physics with the aid of hints and peer interaction during a lecture course. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 9, 020-112.
- Lemma, A. (2012). Diagnosing the diagnostics: misconceptions of twelfth grade students on selected chemistry concepts in two preparatory school in eastern Ethiopia. *American Journal of Chemistry Education*, 2(2), 26.

- Leonard, M. J., Kalinowski, S. T., & Andrews, T. C. (2014). Misconceptions yesterday, today, and tomorrow. *CBE-Life Sciences Education*, 13, 179-186.
- Livingston, S. A. (1972). A criterion-referenced application of classical test theory. *Journal of Measurement*, 9, 13-26.
- Lovett, T. H. (1978). The effect of violating the assumption of equal item means in estimating the livingston coefficient. *Educational and Psychological Measurement*, 38(1), 239-251.
- Milenkovic, D. D., Hrin, T. N., Segedinac, M. D., & Horvat, S. (2016). Development of a three-tier test as a valid diagnostic tool for identification of misconceptions related to carbohydrates. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1514-1520.
- Mutlu, A., & Sesen, B. A. (2014). Development of a two-tier diagnostic test to assess undergraduates' understanding of some chemistry concepts. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174(2015), 629-635.
- Pablico, J. R. (2010). *Misconception on force and gravity among high school students*. Thesis, Louisiana State University.
- Pesman, H. (2005). *Development of a three-tier to assess ninth grade students's misconceptions about simple electric circuits*. Thesis, Middle East Technical University.
- Pesman, H., & Eryilmaz, E. (2010). A development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research*, 1(2), 208-222.
- Peterson, A. E., & Teagust, E. (1986). *Identification of secondary student's misconception of covalent bonding and structure concepts using a diagnostic instrument*. Philadelphia: Saunders College.
- Piaget, J. (1992). *The child's conception of the world*. New York: Harcourt, Brace Jovanovich.
- Raju, S. (1982). A place for everyone: Social order and residential pattern in Urban Omdia. *Discussion Paper*, 73(2), 125-128.
- Schaffer, D. L. (2013). *The development and validation of a three-tier diagnostic test measuring pre-service elementary education and secondary science teachers' understanding of the water cycle*. Thesis, University of Missouri.
- Schmidt, R. R. (1987). *Synthesis of valienamine*. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/anie.198704821>

- Serway, R. A. (1996). *Physics for scientists & engineers with modern physics* (4th ed.). Philadelphia: Saunders College.
- Singha, H. S. (1974). *Modern education teaching*. New Delhi: Sterling Pub.
- Swaminathan, H., Hambleton, R. K., & Algina, J. (1974). Reliability of criterion-referenced tests: A decision-theoretic formulation. *Journal of Educational Measurement*, 11(4), 263-267.
- Treagust, D. F. (1995). Diagnostic assessment of students' science concepts. In S. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (pp. 327-346). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Turker, F. (2005). *Developing a three-tier test to assess high school students' misconceptions concerning force and motion*. Thesis, Middle East Technical University.
- Türker, E. H. (2005). Resisting the grammatical change: Nominal groups in Turkish-Norwegian codeswitching. *The International Journal of Bilingualism*, 9(394), 453-476.
- Wijaya, C. P., Koes, S. H., & Muhandjito, D. (2016). The diagnosis of senior high school class X MIA B student misconceptions about hydrostatic pressure concept using three-tier. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* [http. JPII](http://JPII), 5(1), 14-21.
- Zuya, H. E. (2014). Mathematics teachers' responses to students' misconceptions in algebra. *International Journal of Research in Education Methodology*, 6(2), 55-68.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

- | | |
|--|---|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ วงษ์นาม | อาจารย์พิเศษภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์
มหาวิทยาลัยบูรพา |
| | ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริพร อนุศาสนนันท์ | อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์
มหาวิทยาลัยบูรพา |
| | ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล |
| 3. อาจารย์ ดร.ศรัณย์ กิบาลชนม์ | อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้
มหาวิทยาลัยบูรพา |
| | ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ |
| 4. อาจารย์ชัยณรงค์ เต็มพานิช | อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยบูรพา |
| | ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ |
| 5. อาจารย์แท้ นามแก้ว | ครูวิทยฐานะชำนาญการ สอนวิชาฟิสิกส์
โรงเรียนสตรีศรีน่าน |
| | ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาฟิสิกส์ |

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่ตลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลักการและแนวคิด

แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการเรียนเรื่องหนึ่ง ๆ เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการหาทางแก้ไขความผิดพลาดนั้น และเป็นแนวทางในการส่งเสริม พัฒนา และปรับปรุงการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามชั้นจะมีการเพิ่มความมั่นใจในการตอบคำถามและการให้เหตุผลจากชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สอง ซึ่งจะทำให้การวินิจฉัยมโนทัศน์นั้น มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หรือนักเรียนขาดความรู้

ความมุ่งหมายของแบบทดสอบ

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

โครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบไปด้วย ข้อสอบ จำนวน 20 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อจะมีโครงสร้างของแบบทดสอบวินิจฉัยสามชั้น ดังนี้

1. ชั้นแรก ประกอบด้วย คำถามแบบปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก
2. ชั้นที่สอง ประกอบด้วย เหตุผลที่ถูกต้องสำหรับคำตอบชั้นแรก
3. ชั้นที่สาม นักเรียนต้องระบุความมั่นใจในการตอบคำถามในสองชั้นแรก

กระบวนการพัฒนาแบบทดสอบ

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้นได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพรายข้อโดยการวิเคราะห์ค่าความยาก อำนาจจำแนกของข้อสอบ และตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับโดยการตรวจสอบความตรง และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยมีค่าความตรงตามเนื้อหา (ค่า IOC = 1.00) ค่าความยาก อำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ผ่านเกณฑ์ทุกข้อสามารถใช้เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยได้ รายละเอียดดังแสดงในตาราง

แบบทดสอบวินิจฉัย	k	p	B	T_{cc}
ชั้นที่ 1 (FT)	20	0.27-0.80	0.21-0.48	0.88
ชั้นที่ 2 (ST)	20	0.31-0.80	0.25-0.58	0.89
ชั้นที่ 3 (TT)	20	0.60-0.90	0.24-0.58	0.89
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT)	20	0.23-0.68	0.25-0.68	0.92
ชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 (AT)	20	0.20-0.58	0.25-0.79	0.93

เวลาที่ใช้ในการดำเนินการสอบ

เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถในการทำข้อสอบอย่างเต็มที่ และทำให้ครบทุกข้อ โดยที่ไม่มีเวลาเป็นข้อจำกัดในการคิดของนักเรียน เพื่อที่จะสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ของนักเรียน ได้อย่างถูกต้อง จึงไม่กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบวินิจฉัย

วิธีดำเนินการสอบ

การเตรียมตัวก่อนทำการสอบ

1. เตรียมแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และกระดาษคำตอบให้เพียงพอ สำหรับนักเรียน และตรวจสอบความเรียบร้อยของแบบทดสอบทดสอบวินิจฉัยที่อาจจะเกิดจากความผิดพลาดในการพิมพ์ สำรองไว้สำหรับแบบทดสอบหรือกระดาษคำตอบที่ไม่ชัดเจน ประมาณ 5% ของผู้เข้าสอบ

2. ผู้ดำเนินการสอบต้องศึกษาคำชี้แจงรายละเอียดของแบบทดสอบวินิจฉัย รวมทั้ง ตัวอย่างคำถามและวิธีการตอบคำถามที่ถูกต้อง ให้ชัดเจนอย่างน้อย 1 ครั้ง เพื่อให้การดำเนินการสอบเป็นไปด้วยความเรียบร้อย

วิธีดำเนินการขณะทำการสอบ

- ชี้แจงวัตถุประสงค์ในการสอบ
- แจกแบบทดสอบวินิจฉัยและกระดาษคำตอบให้นักเรียนทุกคน ให้นักเรียนเขียน ชื่อ-นามสกุล และรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับตนเองลงในหัวกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
- ผู้ดำเนินการสอบ อธิบายวิธีการทำแบบทดสอบวินิจฉัยให้นักเรียนฟัง หากมีนักเรียน ไม่เข้าใจวิธีการทำแบบทดสอบวินิจฉัยให้นักเรียนยกมือถามผู้ดำเนินการสอบ
- ในระหว่างที่นักเรียนทำแบบทดสอบวินิจฉัย ผู้ดำเนินการสอบควรควบคุมไม่ให้นักเรียนปรึกษากัน หรือลอกกัน เพื่อผลการวินิจฉัยที่ถูกต้อง

5. เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบวินิจฉัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนนำกระดาษคำถาม และคำตอบมาคืนผู้ดำเนินการสอบ แล้วให้นักเรียนออกจากห้องสอบเพื่อจะได้ไม่เป็นการรบกวน นักเรียนที่ยังทำแบบทดสอบวินิจฉัยไม่เสร็จ

6. เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบครบทุกคนแล้ว ผู้ดำเนินการสอบทำการเก็บรวบรวม แบบทดสอบ

การตรวจให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ โดยแต่ละข้อมีการให้คะแนนแต่ละชั้น โดยมีเกณฑ์ การให้คะแนนเป็น ดังนี้

1. คะแนนชั้นที่ 1 (FT) ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นแรก ถ้านักเรียน ตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด 0 คะแนน
2. คะแนนชั้นที่ 2 (ST) คะแนนในชั้นที่ 2 ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นที่ 2 ถ้านักเรียนตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด 0 คะแนน
3. คะแนนชั้นที่ 3 (TT) คะแนนในชั้นที่ 3 ได้จากการตอบคำถามของนักเรียนในชั้นที่ 3 ถ้านักเรียนตอบ “มั่นใจ” ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบ “ไม่มั่นใจ” ได้ 0 คะแนน
4. คะแนนชั้นที่ 1 ร่วมกับชั้นที่ 2 (BT) ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 จะได้ 1 คะแนน
5. คะแนนจากทั้งสามชั้น (AT) ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 และตอบมั่นใจ ในชั้นที่ 3 จะได้คะแนน 1 คะแนน

การแปลผล

การแปลผลจากการตอบแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ชั้น ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 แสดงแบบแผนการตอบแบบทดสอบวินิจฉัย 3 ชั้น และการแปลผล

ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	แปลผล	หมายเหตุ
ถูก	ถูก	มั่นใจ	มีความรู้	
ถูก	ผิด	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ทางบวก
ผิด	ถูก	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ทางลบ

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2	ขั้นที่ 3	แปลผล	หมายเหตุ
ผิด	ผิด	มันใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	
ถูก	ถูก	ไม่มันใจ	เดา/ขาดความเชื่อมั่น	
ถูก	ผิด	ไม่มันใจ	ขาดความรู้	
ผิด	ถูก	ไม่มันใจ	ขาดความรู้	
ผิด	ผิด	ไม่มันใจ	ขาดความรู้	

การวินิจฉัย

การวินิจฉัยข้อบกพร่องจากการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ขั้นที่หนึ่ง

ข้อ	ตัวเลือก	ข้อบกพร่อง
1	A	ไม่เข้าใจปริมาณทางฟิสิกส์
	B	เข้าใจผิดว่าแรงและพลังงานเป็นสิ่งเดียวกัน
	C	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	D	เข้าใจความหมายของแรงในวิชาฟิสิกส์ผิด
2	A	ไม่เข้าใจแรงลัพธ์
	B	ไม่เข้าใจเกี่ยวกับแรงปฏิกิริยา
	C	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	D	ไม่เข้าใจการเกิดแรง
3	A	ไม่เข้าใจการหาแรงลัพธ์กรณีแรงทั้งสองมีทิศตรงข้ามกัน
	B	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	C	ไม่เข้าใจการหาแรงลัพธ์กรณีแรงทั้งสองมีทิศเดียวกัน
	D	ไม่เข้าใจการหาแรงลัพธ์กรณีแรงทั้งสองมีทิศเดียวกัน ทิศตรงข้ามกัน และมีปัญหาทางคณิตศาสตร์
4	A	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	B	ไม่เข้าใจกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ว่ากล่าวถึงความเร่ง
	C	เข้าใจผิดเกี่ยวกับแรงกิริยา แรงปฏิกิริยา

ข้อ	ตัวเลือก	ข้อบกพร่อง
	D	ไม่เข้าใจกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเลย
5	A	ไม่เข้าใจการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ว่าการหยุดนิ่ง คือ การรักษาสภาพการเคลื่อนที่
	B	ไม่เข้าใจการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ว่าการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ คือ รักษาสภาพการเคลื่อนที่
	C	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	D	ไม่เข้าใจการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ว่าการไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ คือ การรักษาสภาพการเคลื่อนที่
6	A	ไม่เข้าใจความเฉื่อยของวัตถุ
	B	ไม่เข้าใจว่าความเฉื่อยของวัตถุขึ้นกับมวล ไม่ได้ขึ้นกับความเร็ว
	C	ไม่เข้าใจความเฉื่อยของวัตถุ
	D	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
7	A	เข้าใจผิดว่ามวลและน้ำหนักเป็นสิ่งเดียวกัน
	B	ไม่เข้าใจว่ามวลไม่ใช่ น้ำหนัก เพราะน้ำหนัก คือ แรงที่โลกดึงดูดวัตถุ
	C	เข้าใจผิด เพราะมวลจะมีค่าคงที่เสมอ
	D	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
8	A	เข้าใจผิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง เพราะมวลคงที่ ความเร่งไม่จำเป็นต้องคงที่
	B	ไม่เข้าใจกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1
	C	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	D	เข้าใจผิดเกี่ยวกับขนาดของแรง
9	A	เข้าใจผิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับความเร่ง เพราะเมื่อแรงมีค่าคงที่ ความเร่งจะคงที่
	B	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	C	ไม่เข้าใจว่าความเร่ง a จะแปรผกผันกับขนาดของมวล m
	D	ไม่เข้าใจว่าความเร่ง a จะแปรผกผันกับขนาดของมวล m
10	A	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	B	ไม่เข้าใจกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน และเข้าใจกฎข้อที่ 2 ของนิวตันผิด

ข้อ	ตัวเลือก	ข้อบกพร่อง
	C	ไม่เข้าใจกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน และเข้าใจกฎข้อที่ 1 ของนิวตันผิด
	D	ไม่เข้าใจกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน และเข้าใจกฎข้อที่ 1 ของนิวตันผิด
11	A	เข้าใจผิดว่าแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยากระทำต่อวัตถุก้อนเดียวกัน
	B	ไม่เข้าใจว่าทุกแรงกิริยาต้องมีแรงปฏิกิริยา
	C	ไม่เข้าใจว่าทุกแรงกิริยาต้องมีแรงปฏิกิริยา
	D	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
12	A	เข้าใจผิดว่าน้ำหนักและมวลเป็นสิ่งเดียวกัน
	B	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	C	ไม่เข้าใจว่าน้ำหนักสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามแรงโน้มถ่วง
	D	ไม่เข้าใจเรื่องหน่วยของน้ำหนักและมวล
13	A	เข้าใจผิดว่ามวล คือ น้ำหนัก และเข้าใจผิดว่าน้ำหนักมีค่าคงที่
	B	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	C	ไม่เข้าใจวิธีการหาค่าน้ำหนักของวัตถุ
	D	ไม่เข้าใจเรื่องน้ำหนักของวัตถุ
14	A	เข้าใจผิดเรื่องแรงดึงดูดระหว่างมวล
	B	ไม่เข้าใจว่าแรงดึงดูดระหว่างมวลเกิดขึ้นกับวัตถุทุกชนิดในเอกภพ
	C	เข้าใจผิดเกี่ยวกับทิศทางของแรงดึงดูดระหว่างมวล
	D	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
15	A	ไม่เข้าใจแรงโน้มถ่วงและสนามโน้มถ่วง เข้าใจผิดว่าแรงโน้มถ่วงและสนามโน้มถ่วงเป็นสิ่งเดียว
	B	เข้าใจผิดเรื่องทิศทางของแรงโน้มถ่วงและสนามโน้มถ่วง
	C	ไม่เข้าใจค่าสนามโน้มถ่วง และเข้าใจผิดเรื่องหน่วย
	D	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
16	A	ไม่เข้าใจถึงสภาพไร้น้ำหนัก และเข้าใจผิดระหว่างคำว่ามวลและน้ำหนัก
	B	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	C	ไม่เข้าใจว่าสภาพไร้น้ำหนัก และไม่เข้าใจเรื่องแรงลัพธ์
	D	ไม่เข้าใจว่าสภาพไร้น้ำหนัก คือ สภาพที่แรงโน้มถ่วงกระทำกับวัตถุน้อยมากจนเกือบเป็นศูนย์

ข้อ	ตัวเลือก	ข้อบกพร่อง
17	A	ไม่เข้าใจการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นผิวที่มีแรงเสียดทาน และไม่เข้าใจประโยชน์ของแรงเสียดทาน
	B	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	C	เข้าใจผิดเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นผิวที่มีแรงเสียดทาน
	D	เข้าใจผิดเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นผิวที่มีแรงเสียดทาน
18	A	ไม่เข้าใจเรื่องขนาดของแรงเสียดทานจลน์และแรงเสียดทานสถิต
	B	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	C	ไม่เข้าใจเรื่องขนาดของแรงเสียดทานจลน์และแรงเสียดทานสถิต
	D	ไม่เข้าใจเรื่องทิศทางของแรงเสียดทานจลน์และแรงเสียดทานสถิต
19	A	ไม่เข้าใจแรงเสียดทาน
	B	ไม่เข้าใจขนาดของแรงเสียดทานสถิตในสถานการณ์พื้นเอียง
	C	ไม่เข้าใจชนิดของแรงเสียดทานในสถานการณ์พื้นเอียง
	D	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
20	A	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	B	ไม่เข้าใจการเคลื่อนที่ตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน และเข้าใจกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันผิด
	C	ไม่เข้าใจการเคลื่อนที่ตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน
	D	ไม่เข้าใจการเคลื่อนที่ตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน และไม่เข้าใจเรื่องแรงโน้มถ่วง

การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จากการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ แบบสามชั้น

ข้อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
1	CAA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	ABA, ACA, ADA, BBA, BCA, BDA, DBA, DCA, DDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	CBA, CCA, CDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	AAA, BAA, DAA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ

ข้อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
	CAB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	AAB, ABB, ACB, ADB, BAB, BBB, BCB, BDB, CBB, CCB, CDB, DAB, DBB, DCB, DDB	ขาดความรู้
2	CBA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ACA, ADA, BAA, BCA, BDA, DAA, DCA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
	CAA, CCA, CDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ABA, BBA, DBA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ
	CBB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	CAB, CCB, CDB, ABB, BBB, DBB, AAB, ACB, ADB, BAB, BCB, BDB, DAB, DCB, DDB	ขาดความรู้
3	BDA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ACA, CAA, CBA, CCA, DAA, DBA, DCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
	BAA, BBA, BCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ADA, CDA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ
	BDB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	BAB, BBB, BCB, ADB, CDB, DDB, AAB, ABB, ACB, CAB, CBB, CCB, DAB, DBB, DCB	ขาดความรู้
4	ADA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	BAA, BBA, BCA, CAA, CBA, CCA, DAA, DBA, DCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
	AAA, ABA, ACA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	BDA, CDA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ
	ADB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น

ข้อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
	AAB, ABB, ACB, BDB, CDB, DDB, ABB, BBB, BCB, CAB, CBB, CCB, DAB, DBB, DCB	ขาดความรู้
5	CAA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	ABA, ACA, ADA, BBA, BCA, BDA, DBA, DCA, DDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	CBA, CCA, CDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	AAA, BAA, DAA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ
	CAB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	AAB, ABB, ACB, ADB, BAB, BBB, BCB, BDB, CBB, CCB, CDB, DAB, DBB, DCB, DDB	ขาดความรู้
6	DCA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ADA, BAA, BBA, BDA, CAA, CBA, CDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	DAA, DBA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ACA, BCA, CCA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ
	DCB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	DAB, DBB, DDB, ACB, BCB, CCB, AAB, ABB, ADB, BAB, BBB, BDB, CAB, CBB, CDB	ขาดความรู้
7	DDA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ACA, BAA, BBA, BCA, CAA, CBA, CCA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	DAA, DBA, DCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ADA, BDA, CDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ
	DDB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	DAB, DBB, DCB, ADB, BDB, CDB, AAB, ABB, ACB, BAB, BBB, BCB, CAB, CBB, CCB	ขาดความรู้

ข้อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
8	CDA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ACA, BAA, BBA, BCA, DAA, DBA, DCA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	CAA, CBA, CCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ADA, BDA, DDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ
	CDB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	CAB, CBB, CCB, ADB, BDB, DDB, AAB, ABB, ACB, BAB, BBB, BCB, DAB, DBB, DCB	ขาดความรู้
9	BBA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ACA, ADA, CAA, CCA, CDA, DAA, DCA, DDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	BAA, BCA, BDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ABA, CBA, DBA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ
	BBB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	BAB, BCB, BDB, ABB, CBB, DBB, AAB, ACB, ADB, CAB, CCB, CDB, DAB, DCB, DDB	ขาดความรู้
10	ACA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	BAA, BBA, BDA, CAA, CBA, CDA, DAA, DBA, DDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	AAA, ABA, ADA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	BCA, CCA, DCA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ
	ACB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	AAB, ABB, ADB, BCB, CCB, DCB, BAB, BBB, BDB, CAB, CBB, CDB, DAB, DBB, DDB	ขาดความรู้
11	DCA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ADA, BAA, BBA, BDA, CAA, CBA, CDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน

ข้อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
	DAA, DBA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ACA, BCA, CCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ
	DCB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	DAB, DBB, DDB, ACB, BCB, CCB, AAB, ABB, ADB, BAB, BBB, BDB, CAB, CBB, CDB	ขาดความรู้
12	BDA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ACA, CAA, CBA, CCA, DAA, DBA, DCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
	BAA, BBA, BCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ADA, CDA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ
	BDB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	BAB, BBB, BCB, ADB, CDB, DDB, AAB, ABB, ACB, CAB, CBB, CCB, DAB, DBB, DCB	ขาดความรู้
13	BBA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ACA, ADA, CAA, CCA, CDA, DAA, DCA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
	BAA, BCA, BDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ABA, CBA, DBA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ
	BBB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	BAB, BCB, BDB, ABB, CBB, DBB, AAB, ACB, ADB, CAB, CCB, CDB, DAB, DCB, DDB	ขาดความรู้
14	DBA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ACA, ADA, BAA, BCA, BDA, CAA, CCA, CDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
	DAA, DCA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ABA, BBA, CBA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ
	DBB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น

ข้อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
	DAB, DCB, DDB, ABB, BBB, CBB, AAB, ACB, ADB, BAB, BCB, BDB, CAB, CCB, CDB	ขาดความรู้
15	DDA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ACA, BAA, BBA, BCA, CAA, CBA, CCA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	DAA, DBA, DCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ADA, BDA, CDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ
	DDB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	DAB, DBB, DCB, ADB, BDB, CDB, AAB, ABB, ACB, BAB, BBB, BCB, CAB, CBB, CCB	ขาดความรู้
16	BCA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ADA, CAA, CBA, CDA, DAA, DBA, DDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	BAA, BBA, BDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ACA, CCA, DCA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ
	BCB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	BAB, BBB, BDB, ACB, CCB, DCB, AAB, ABB, ADB, CAB, CBB, CDB, DAB, DBB, DDB	ขาดความรู้
17	BDA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ACA, CAA, CBA, CCA, DAA, DBA, DCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
	BAA, BBA, BCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ADA, CDA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ
	BDB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	BAB, BBB, BCB, ADB, CDB, DDB, AAB, ABB, ACB, CAB, CBB, CCB, DAB, DBB, DCB	ขาดความรู้

ข้อ	แบบแผนการตอบ	วินิจฉัย
18	BCA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ADA, CAA, CBA, CDA, DAA, DBA, DDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	BAA, BBA, BDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ACA, CCA, DCA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ
	BCB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	BAB, BBB, BDB, ACB, CCB, DCB, AAB, ABB, ADB, CAB, CBB, CDB, DAB, DBB, DDB	ขาดความรู้
19	DCA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	AAA, ABA, ADA, BAA, BBA, BDA, CAA, CBA, CDA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อน
	DAA, DBA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	ACA, BCA, CCA	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางลบ
	DCB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	DAB, DBB, DDB, ACB, BCB, CCB, AAB, ABB, ADB, BAB, BBB, BDB, CAB, CBB, CDB	ขาดความรู้
20	ADA	มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
	BAA, BBA, BCA, CAA, CBA, CCA, DAA, DBA, DCA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
	AAA, ABA, ACA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก
	BDA, CDA, DDA	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ
	ADB	เดา/ ขาดความเชื่อมั่น
	AAB, ABB, ACB, BDB, CDB, DDB, ABB, BBB, BCB, CAB, CBB, CCB, DAB, DBB, DCB	ขาดความรู้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

1. นักเรียนที่มีความรู้/ มโนทัศน์ที่ถูกต้อง คือนักเรียนที่สามารถตอบคำถามถูก มีเหตุผลในการตอบถูกต้อง และมั่นใจในคำตอบ นักเรียนควรได้รับการพัฒนา ส่งเสริมสนับสนุนเพิ่มเติมความรู้

2. นักเรียนที่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ นักเรียนที่มั่นใจในคำตอบที่ผิดทั้งในส่วนของคำถามและเหตุผลในการตอบ ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อตัวนักเรียนเพราะนักเรียนจะคิดว่ามโนทัศน์ของนักเรียนเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ผู้ดำเนินการสอบหรือผู้สอนควรจะมีการสอนเพิ่มเติมเพื่อแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้อย่างเร่งด่วน เพื่อที่มโนทัศน์นี้จะได้ไม่เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ รวมถึงความรู้ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

3. นักเรียนที่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวก คือนักเรียนที่มั่นใจในการตอบ สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลในการตอบผิด นักเรียนควรได้รับการพัฒนาความรู้เพิ่มเติมเพื่อปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ด้านเหตุผลในการตอบให้ถูกต้อง เพราะนักเรียนมีความรู้ที่ถูกต้องอยู่แล้ว แต่อาจมีเหตุผลที่คลาดเคลื่อนในการตอบ หากได้รับความรู้ที่ถูกต้องเพื่อปรับเปลี่ยนสิ่งที่เข้าใจผิดก็จะสามารถเปลี่ยนจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางบวกเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้

4. นักเรียนที่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบ คือ นักเรียนที่มั่นใจในการตอบ ให้เหตุผลในการตอบได้ถูก แต่ไม่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง นักเรียนควรได้รับการพัฒนาเพื่อเพิ่มเติมความรู้ในการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ในการตอบให้ถูกต้อง เพราะนักเรียนมีเหตุผลในการตอบที่ถูกต้องอยู่แล้ว หากได้รับความรู้เพิ่มเติมเพื่อปรับเปลี่ยนสิ่งที่เข้าใจผิดก็จะสามารถเปลี่ยนจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางลบเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้

5. นักเรียนที่ขาดความเชื่อมั่น คือนักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบของตัวเอง ซึ่งคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่ถูกต้อง และเหตุผลที่ตอบก็เป็นเหตุผลที่ถูกต้อง จากการวิจัยว่านักเรียนเขา คือ นักเรียนไม่มีความรู้และบังเอิญเลือกตัวเลือกที่ถูกต้อง เพราะนักเรียนไม่มั่นใจในการตอบ อีกกรณี คือ นักเรียนที่มีความรู้แต่ไม่มั่นใจความรู้ที่ตนมี ดังนั้น ผู้ดำเนินการสอบหรือผู้สอนควรจะสัมภาษณ์เพื่อแยกนักเรียนที่เขาคออกจากนักเรียนที่ไม่มีความเชื่อมั่นในการตอบ และทำการสอนซ่อมเสริมให้กับนักเรียนที่เขาให้นักเรียนมีความรู้เพื่อที่นักเรียนจะได้มีความรู้และมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ส่วนนักเรียนที่ขาดความเชื่อมั่น ผู้ดำเนินการสอบหรือผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ในการตอบคำถาม และเกิดความมั่นใจในการตอบ

6. นักเรียนที่ขาดความรู้ คือนักเรียนที่ไม่มั่นใจในการตอบของตัวเองซึ่งมีทั้งนักเรียนที่ตอบถูกเฉพาะส่วนของคำถาม ตอบถูกเฉพาะส่วนของเหตุผล หรือตอบผิดทั้งคำถามและเหตุผลในการตอบ นักเรียนที่ขาดความรู้ควรได้รับการสอนซ่อมเสริมอย่างเร่งด่วน หรือผู้สอนอาจ

ปรับเปลี่ยนวิธีการสอนให้นักเรียนได้มีความรู้และมโนทัศน์ที่ถูกต้อง หากนักเรียนไม่มีความรู้เลย
จะเป็นอุปสรรคในการเรียนต่อระดับสูงต่อไป


ภาคผนวก ค

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่ตลาดเคลื่อนแบบสามชั้น ในวิชาฟิสิกส์
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบสามชั้น
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบวินิจฉัย:

1. ข้อสอบแต่ละข้อ จะมีทั้งหมด 3 ชั้น ชั้นที่ 1 ให้นักเรียนตอบคำถาม โดยเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด ชั้นที่ 2 ให้นักเรียนเลือกเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการตอบชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 ให้นักเรียน ยืนยันคำตอบในชั้นที่ 1 และ 2 ว่า มั่นใจหรือไม่ ให้นักเรียนตอบคำถามให้ครบทุกชั้น
2. ไม่กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบวินิจฉัย นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบได้จนกว่านักเรียนจะทำข้อสอบจนเสร็จสมบูรณ์

ข้อ 1.	<p>1.1 แรงในทางฟิสิกส์มีความหมายตรงกับข้อใด</p> <ol style="list-style-type: none"> A. เป็นปริมาณสเกลาร์ ที่กระทำต่อวัตถุ B. พลังงานที่กระทำต่อวัตถุให้หยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ C. การกระทำที่ก่อให้เกิดวัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ D. ปริมาณที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือทิศทาง <p>1.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <ol style="list-style-type: none"> A. เพราะแรงสามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ B. เพราะแรงมีแต่ขนาด ไม่มีทิศทาง สามารถทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ C. เพราะแรงเป็นพลังงาน อาจเป็นพลังงานจากมนุษย์หรือเครื่องยนต์ D. เพราะเมื่อมีแรงกระทำกับวัตถุ วัตถุก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและทิศทาง <p>1.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <ol style="list-style-type: none"> A. มั่นใจ B. ไม่มั่นใจ
ข้อ 2.	<p>2.1 จากสถานการณ์ต่อไปนี้ “ถุงทรายวางนิ่งบนพื้น”</p> <p style="text-align: center;">ถุงทราย </p> <p>ถ้ากล่าวข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง</p> <ol style="list-style-type: none"> A. ไม่มีแรงกระทำต่อถุงทราย B. มีแรงกระทำต่อถุงทราย 1 แรง C. มีแรงกระทำต่อถุงทราย 2 แรง D. มีแรงกระทำต่อถุงทรายทุกทิศทาง

	<p>2.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. ถุงทรายหยุดหนึ่งไม่มีแรงกระทำให้อัตถุเคลื่อนที่</p> <p>B. มีแรงโน้มถ่วงและแรงปฏิกิริยากระทำกับถุงทราย</p> <p>C. แรงลัพท์ที่กระทำต่อถุงทรายทุกทิศทางหักล้างกันเป็นศูนย์</p> <p>D. มีเฉพาะแรงโน้มถ่วงเท่านั้นที่กระทำต่อถุงทราย ถุงทรายจึงไม่เคลื่อนที่</p> <p>2.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 3.	<p>3.1 แรงขนาด 3 นิวตัน และ 4 นิวตัน กระทำต่อวัตถุก้อนเดียวกันแรงลัพท์ที่มีขนาดน้อยที่สุด และมากที่สุดมีค่าเท่าใด</p> <p>A. 5 นิวตัน และ 7 นิวตัน</p> <p>B. 1 นิวตัน และ 7 นิวตัน</p> <p>C. 1 นิวตัน และ 5 นิวตัน</p> <p>D. 7 นิวตัน และ $\sqrt{5}$ นิวตัน</p> <p>3.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะขนาดของแรงลัพท์ที่เกิดจากแรงสองแรง จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองแรงตั้งฉากกัน และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสองมีทิศเดียวกัน</p> <p>B. เพราะขนาดของแรงลัพท์ที่เกิดจากแรงสองแรง จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองมีทิศเดียวกัน และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสองตั้งฉากกัน</p> <p>C. เพราะขนาดของแรงลัพท์ที่เกิดจากแรงสองแรง จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองแรงมีทิศทางตรงข้ามกัน และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสองตั้งฉากกัน</p> <p>D. เพราะขนาดของแรงลัพท์ที่เกิดจากแรงสองแรง จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองแรงมีทิศทางตรงข้ามกัน และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสองมีทิศเดียวกัน</p> <p>3.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 4.	<p>4.1 “เมื่อหยุดรถทันทีทันใด ผู้โดยสารจะ โยกตัวไปข้างหน้า” สถานการณ์นี้ สอดคล้องกับกฎข้อใดของนิวตัน</p> <p>A. กฎข้อที่ 1</p> <p>B. กฎข้อที่ 2</p>

	<p>C. กฎข้อที่ 3</p> <p>D. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน</p> <p>4.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะแรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา</p> <p>B. เพราะเกิดความหน่วงในทิศตรงข้ามกับความเร่งมา</p> <p>C. เพราะเกิดแรงดึงดูดผู้โดยสารที่หยุดนิ่งไปข้างหน้า</p> <p>D. เพราะผู้โดยสารพยายามจะรักษาสภาพการเคลื่อนที่</p> <p>4.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 5.	<p>5.1 สถานการณ์ในข้อใด <u>ไม่</u>ตรงตามกฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>A. รถยนต์จอดนิ่งอยู่กับที่</p> <p>B. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่</p> <p>C. รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่</p> <p>D. รถยนต์ไม่เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่</p> <p>5.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จะต้องมีความเร่งที่ <u>ไม่</u>เป็นศูนย์มากกระทำ จึง <u>ไม่</u>เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>B. เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำกับรถยนต์มีค่าเป็นศูนย์ รถยนต์จึง <u>ไม่</u>เคลื่อนที่ ซึ่ง <u>ไม่</u>สอดคล้องกับกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>C. เพราะการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ จะต้องมีความเร่งภายนอกมากกระทำ ซึ่ง <u>ไม่</u>ตรงกับสมการเคลื่อนที่ของนิวตัน $\Sigma F = 0$</p> <p>D. เพราะเมื่อรถยนต์ <u>ไม่</u>เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ จะต้องมีความเร่งขนาดหนึ่งมากกระทำกับรถยนต์เพื่อพยายามให้รถยนต์รักษาสภาพหยุดนิ่งไว้</p> <p>5.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 6.	<p>6.1 เมื่อรถยนต์จอดนิ่ง <u>ไม่</u>เคลื่อนที่ ข้อใดกล่าวถูกต้อง</p> <p>A. <u>ไม่</u>มีความเฉื่อย</p> <p>B. รถยนต์ที่จอดนิ่งจะมีความเฉื่อยมากกว่ารถยนต์ที่เคลื่อนที่</p>

	<p>C. ความเฉื่อยของรถยนต์เท่ากับแรงที่กระทำต่อรถยนต์ รถยนต์จึงไม่เคลื่อนที่</p> <p>D. เนื่องจากรถยนต์มีมวลจึงมีความเฉื่อย เมื่อเริ่มต้นรถยนต์จอดนิ่ง รถยนต์จึงจอดนิ่งต่อไปเรื่อย ๆ</p> <p>6.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะความเฉื่อย คือ แรงต้านการเคลื่อนที่</p> <p>B. เพราะความเฉื่อยจะเกิดขึ้นกับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่เท่านั้น</p> <p>C. เพราะความเฉื่อย คือ การต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ</p> <p>D. เพราะความเฉื่อยจะแปรผกผันกับความเร็วของวัตถุ วัตถุไม่เคลื่อนที่ความเฉื่อยจะมีค่ามาก</p> <p>6.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 7.	<p>7.1 ข้อใดต่อไปนี้อธิบายความหมายของมวลได้ถูกต้อง</p> <p>A. มวล คือ น้ำหนักของวัตถุนั้น ๆ</p> <p>B. มวลเป็นน้ำหนักของวัตถุที่ไม่รวมแรงโน้มถ่วง</p> <p>C. มวล คือ ค่าคงที่ของวัตถุนั้น และสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามแรงโน้มถ่วง</p> <p>D. มวลเป็นคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อม วิธีวัด และเป็นการวัดสมบัติของความเฉื่อย</p> <p>7.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะมวลแปรผันตรงกับแรงโน้มถ่วง</p> <p>B. เพราะน้ำหนักไม่ขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก</p> <p>C. เพราะมวลและน้ำหนักคือสิ่งเดียวกัน มีค่าเท่ากันเสมอ</p> <p>D. เพราะมวลคือสิ่งที่ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงสภาวะการเคลื่อนที่</p> <p>7.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 8.	<p>8.1 จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน สามารถสรุปได้ตามข้อใด</p> <p>A. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งจะมีค่าคงที่</p> <p>B. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งเท่ากับศูนย์</p> <p>C. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์</p>

	<p>D. เมื่อมวลมีค่าคงที่ ความเร่งจะมีขนาดเท่ากับแรงลัพธ์ที่มากระทำ</p> <p>8.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะความเร็วคงที่ ความเร่งจะเท่ากับศูนย์</p> <p>B. เพราะแรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับมวลคูณความเร่ง</p> <p>C. เพราะเมื่อมีแรงลัพธ์มากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่</p> <p>D. เพราะเมื่อมีแรงลัพธ์ขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ</p> <p>8.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 9.	<p>9.1 จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน ข้อใดถูกต้อง</p> <p>A. เมื่อแรง F มีค่าคงที่ ความเร่ง a จะเป็นศูนย์</p> <p>B. เมื่อแรง F มีค่าคงที่ ความเร่ง a จะแปรผกผันกับขนาดของมวล m</p> <p>C. เมื่อแรง F มีค่าคงที่ ความเร่ง a จะแปรผันตรงกับขนาดของมวล m</p> <p>D. เมื่อแรง F มีขนาดไม่เป็นศูนย์ ความเร่ง a และมวล m จะแปรผันตรงกับขนาดของแรง F</p> <p>9.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. ความเร่งไม่ขึ้นกับแรง แต่จะขึ้นกับความเร็วของวัตถุ</p> <p>B. ความเร่งของวัตถุแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุแต่จะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ</p> <p>C. ความเร่งของวัตถุแปรผกผันกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุแต่จะแปรผันตรงกับมวลของวัตถุ</p> <p>D. เมื่อแรงลัพธ์ขนาดไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุจะทำให้เกิดความเร่งซึ่งขึ้นกับขนาดของมวล</p> <p>9.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 10.	<p>10.1 ข้อใดอธิบายได้ด้วยกฎข้อที่ 3 ของนิวตันได้ถูกต้อง</p> <p>A. การตอกตะปูลงไปในเนื้อไม้</p> <p>B. ผลไม้ที่กำลังหล่นจากต้นไม้ตามแรงโน้มถ่วง</p>

	<p>C. เมื่อหยุดรถทันทีทันใด ผู้โดยสารจะโยกตัวไปข้างหน้า</p> <p>D. เมื่อรถเลี้ยวอย่างกะทันหัน ผู้โดยสารจะไถลไปทางด้านข้างของรถ</p> <p>10.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เมื่อรถเลี้ยวจะเกิดแรงกิริยาซึ่งเท่ากับแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อผู้โดยสาร</p> <p>B. เมื่อข้างออกแรงกิริยาในการลากซุง ซุงจึงเคลื่อนที่ได้เป็นผลของแรงปฏิกิริยา</p> <p>C. เมื่อค้อนออกแรงตีตะปู ตะปูก็ออกแรงกลับด้วยแรงขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม</p> <p>D. เมื่อมีแรงในการเคลื่อนรถไปข้างหน้า Action และมีการหยุดกะทันหัน ทำให้เกิด Reaction โดยผู้โดยสาร โยกตัวไปด้านหลังด้วยแรงที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้า</p> <p>10.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 11.	<p>11.1 “หนังสือฟิสิกส์วางนิ่งอยู่บนโต๊ะ” จากสถานการณ์นี้จงวิเคราะห์แรงกิริยา-ปฏิกิริยา กำหนดให้ \vec{W} คือ น้ำหนักของหนังสือ, \vec{N}_1 คือ แรงที่หนังสือกระทำต่อโต๊ะ, \vec{N}_2 คือ แรงที่โต๊ะกระทำต่อหนังสือ, \vec{R}_1 คือ แรงที่โต๊ะกระทำต่อพื้น, \vec{R}_2 คือ แรงที่พื้นกระทำต่อโต๊ะ, \vec{F} คือ แรงที่หนังสือดึงดูดโลก</p> <p>A. มี 1 คู่แรง ได้แก่ $\vec{W} = -\vec{F}$</p> <p>B. มี 2 คู่แรง ได้แก่ $\vec{W} = -\vec{F}$ และ $\vec{N}_1 = -\vec{N}_2$</p> <p>C. มี 2 คู่แรง ได้แก่ $\vec{N}_1 = -\vec{N}_2$ และ $\vec{R}_1 = -\vec{R}_2$</p> <p>D. มี 3 คู่แรง ได้แก่ $\vec{W} = -\vec{F}$, $\vec{N}_1 = -\vec{N}_2$ และ $\vec{R}_1 = -\vec{R}_2$</p> <p>11.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยากระทำต่อวัตถุก้อนเดียวกัน</p> <p>B. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นเฉพาะกรณีที่วัตถุสัมผัสกันเท่านั้น</p> <p>C. ทุกแรงกิริยา จะต้องมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากัน และมีทิศตรงข้ามกันเสมอ</p> <p>D. คู่แรงกิริยา-ปฏิกิริยา เกิดขึ้น ได้ต้องมีแรงกระทำซึ่งกันและกัน แรงดึงดูดของโลกจะไม่คู่แรงปฏิกิริยา</p> <p>11.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>

<p>ข้อ 12.</p>	<p>12.1 ข้อใดต่อไปนี้อีกกล่าวถึงน้ำหนักได้ถูกต้อง</p> <p>A. น้ำหนัก คือ มวลของวัตถุ</p> <p>B. น้ำหนัก คือ แรงที่โลกดึงดูดวัตถุ</p> <p>C. น้ำหนัก คือ ค่าคงที่เฉพาะตัวของวัตถุ</p> <p>D. ค่าที่เครื่องชั่งอ่านได้ มีค่าเท่ากับน้ำหนักเสมอ</p> <p>12.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะมวลมีค่าคงที่</p> <p>B. เพราะน้ำหนักและมวล คือ สิ่งเดียวกัน</p> <p>C. เพราะน้ำหนักของวัตถุ คือ ตัวเลขที่เครื่องชั่งอ่านได้เสมอ</p> <p>D. เพราะน้ำหนักของวัตถุ คือ ขนาดของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ</p> <p>12.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
<p>ข้อ 13.</p>	<p>13.1 วัตถุมวล m เมื่ออยู่บนผิวโลกมีขนาดเท่ากับ mg เมื่อย้ายวัตถุมวล m ไปที่ดาวดวงอื่นที่มีความเร่งเท่ากับ k วัตถุนั้นจะมีน้ำหนักเท่าใด</p> <p>A. m</p> <p>B. mk</p> <p>C. $\frac{mg}{k}$</p> <p>D. ลดลงครึ่งหนึ่ง</p> <p>13.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. เพราะบนดาวดวงอื่นไม่มีแรงโน้มถ่วง</p> <p>B. เพราะน้ำหนักของวัตถุคือ ขนาดของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ</p> <p>C. เพราะน้ำหนักและมวลเป็นสิ่งเดียวกันไม่สามารถแยกออกจากกันได้</p> <p>D. เพราะน้ำหนักของวัตถุจะมีค่าคงที่เสมอไม่ว่าจะอยู่ที่โลกหรือที่ดาวดวงใดก็ตาม</p> <p>13.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
<p>ข้อ 14.</p>	<p>14.1 ข้อใดกล่าวถึงกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันถูกต้อง</p> <p>A. แรงดึงดูดระหว่างมวล คือ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล</p> <p>B. แรงดึงดูดระหว่างมวลเกิดขึ้นกับวัตถุที่อยู่ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกเท่านั้น</p>

	<p>C. แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงกระทำร่วม ขนาดของแรงเท่ากัน แต่ทิศทางเดียวกัน</p> <p>D. การที่ดาวเคราะห์สามารถโคจรรอบดวงอาทิตย์ได้เป็นผลมาจากแรงดึงดูดระหว่างมวล</p> <p>14.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. ภายในมวลประกอบไปด้วยโมเลกุล</p> <p>B. แรงโน้มถ่วงทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้ดาวเคราะห์โคจรรอบดวงอาทิตย์</p> <p>C. แรงดึงดูดระหว่างมวลเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดของโลกจึงเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณที่มีแรงโน้มถ่วง</p> <p>D. แรงดึงดูดระหว่างมวลเกิดขึ้นโดยที่มวลที่หนึ่งดึงดูดมวลที่สอง และมวลที่สองดึงดูดมวลที่หนึ่ง ขนาดของแรงเท่ากัน ในแนวเดียวกันและทิศทางไปในแนวเดียวกัน</p> <p>14.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 15.	<p>15.1 ข้อใด คือ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงโน้มถ่วงและสนามโน้มถ่วง</p> <p>A. แรงโน้มถ่วง คือ สนามโน้มถ่วง</p> <p>B. แรงโน้มถ่วงมีทิศทางเข้าสู่สนามโน้มถ่วง</p> <p>C. สนามโน้มถ่วงและแรงโน้มถ่วงมีค่าเดียวกัน คือ 9.8 เมตรต่อวินาที²</p> <p>D. สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อมวลของวัตถุ เรียกแรงดึงดูดนี้ว่าแรงโน้มถ่วง</p> <p>15.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. ตำแหน่งหนึ่ง ๆ แรงโน้มถ่วงมีค่าเท่ากับสนามโน้มถ่วง</p> <p>B. สนามโน้มถ่วงเป็นบริเวณที่มวลได้รับแรงโน้มถ่วง ซึ่งมีค่า 9.8 เมตรต่อวินาที²</p> <p>C. สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วง แรงโน้มถ่วงจึงมีทิศทางเข้าสู่สนามโน้มถ่วง</p> <p>D. เมื่อปล่อยวัตถุตกสู่พื้นโลก โลกมีสนามโน้มถ่วง สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงดึงดูด ซึ่งคือ แรงโน้มถ่วง</p> <p>15.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>

<p>ข้อ 16.</p>	<p>16.1 ข้อใดอธิบายสภาพไร้น้ำหนักของวัตถุได้ถูกต้องที่สุด</p> <p>A. สภาพที่วัตถุไม่มีมวล</p> <p>B. สภาพที่วัตถุมีแรงโน้มถ่วงกระทำน้อยมาก</p> <p>C. สภาพที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์</p> <p>D. สภาพที่แรงโน้มถ่วงมีค่าเท่ากับแรงที่กระทำต่อวัตถุ</p> <p>16.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. แรงลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์ ทำให้วัตถุอยู่นิ่ง ลอยอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก</p> <p>B. สภาพไร้น้ำหนักของวัตถุส่งผลให้วัตถุไม่มีน้ำหนัก มวลของวัตถุมีค่าเป็นศูนย์</p> <p>C. วัตถุที่แรงโน้มถ่วงกระทำน้อยมากจนเกือบมีค่าเป็นศูนย์ วัตถุจะอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก</p> <p>D. แรงโน้มถ่วงเท่ากับแรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้แรงลัพธ์เป็นศูนย์ ส่งผลให้เกิดสภาพไร้น้ำหนัก</p> <p>16.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
<p>ข้อ 17.</p>	<p>17.1 ข้อใดอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นผิวที่มีแรงเสียดทานไม่ถูกต้อง</p> <p>A. คนจะเดินบนพื้นต้องมีแรงเสียดทาน</p> <p>B. แรงเสียดทานขึ้นอยู่กับขนาดหรือพื้นที่ของผิวสัมผัส</p> <p>C. ผลของแรงเสียดทานทำให้วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลงเรื่อย ๆ จนหยุดนิ่งในที่สุด</p> <p>D. วัตถุเคลื่อนที่บนพื้นผิวขรุขระมากจะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นมากกว่าตอนเคลื่อนที่อยู่บนพื้นผิวที่ขรุขระน้อย</p> <p>17.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. แรงเสียดทานไม่ขึ้นกับพื้นผิวสัมผัสมากนักแต่ขึ้นกับแรงต้านการเคลื่อนที่</p> <p>B. แรงเสียดทานมีผลต่อการเคลื่อนที่ คือ พยายามต่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ แต่ไม่ทำให้วัตถุหยุดนิ่งได้</p> <p>C. แรงเสียดทานระหว่างรองเท้ากับพื้นทำให้เราเดินหรือวิ่งไปได้ยาก ถ้าแรงเสียดทานมากจะทำให้เคลื่อนที่ด้วยความยากลำบาก</p> <p>D. ขนาดของแรงเสียดทานจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของคู่วัตถุที่สัมผัสกัน และน้ำหนักของวัตถุที่กดตั้งฉากกับพื้นผิวหนึ่งเป็นหลัก</p>

	<p>17.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 18.	<p>18.1 ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับแรงเสียดทาน</p> <p>A. ขนาดของแรงเสียดทานสถิต มีได้หลายค่า ขนาดของแรงเสียดทานจลน์ คือ มีได้ค่าเดียว</p> <p>B. แรงเสียดทานสถิต คือ แรงที่ทำให้วัตถุอยู่นิ่ง ไม่เคลื่อนที่ แรงเสียดทานจลน์ คือ แรงที่ทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่</p> <p>C. แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าที่มากที่สุดขณะที่วัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจลน์ จะมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิต</p> <p>D. แรงเสียดทานสถิต มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางที่วัตถุพยายามจะเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจลน์ มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ</p> <p>18.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. แรงเสียดทานสถิตเกิดตอนวัตถุยังไม่เคลื่อนที่จึงไม่มีทิศทาง แรงเสียดทานจลน์ มีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่วัตถุเคลื่อนที่</p> <p>B. ขนาดของแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์จะมีค่าคงที่สำหรับผิววัตถุคู่หนึ่ง</p> <p>C. แรงเสียดทานสถิต คือ แรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุในขณะที่ยังไม่เกิดการเคลื่อนที่ ในขณะที่แรงเสียดทานจลน์เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่</p> <p>D. ขนาดของแรงเสียดทานสถิตเพิ่มขึ้นตามขนาดแรงภายนอกที่พยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่จึงมีค่ามากที่สุดขณะวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ แต่เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่แล้วจะพบว่าแรงเสียดทานสถิตจะเท่ากับแรงเสียดทานจลน์</p> <p>18.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 19.	<p>19.1 เมื่อวางกล่องใบหนึ่งใบพื้นเอียง ซึ่งมีมุมเอียงค่าหนึ่งเทียบกับแนวระดับ พบว่าหลังจากการวางกล่องอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง ไม่เคลื่อนที่หรือไถลลงจากพื้นเอียง ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับแรงเสียดทานที่กระทำต่อกล่องใบนี้</p> <p>A. ไม่มีแรงเสียดทานเกิดขึ้น</p> <p>B. แรงเสียดทานมีค่ามากกว่าน้ำหนักของกล่อง</p>

	<p>C. แรงเสียดทานที่กระทำต่อกล่อง คือ แรงเสียดทานจลน์</p> <p>D. แรงเสียดทานสถิตมีค่าเท่ากับแรงโน้มถ่วงในแนวองค์ประกอบพื้นเอียง</p> <p>19.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. กล่องยังคงอยู่นิ่งไม่ขยับเพราะมีแรงเสียดทานสถิตต้านอยู่</p> <p>B. แรงเสียดทานจลน์เป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งเกิดขึ้นระหว่างผิววัตถุกับพื้นที่ยังทำให้กล่องอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง</p> <p>C. แรงที่กระทำต่อกล่องในแนวพื้นเอียงมี 2 แรง คือ แรงเสียดทานสถิตและแรงโน้มถ่วงในองค์ประกอบพื้นเอียง เหตุที่กล่องไม่เคลื่อนที่เพราะแรงเสียดทานมีค่าเท่ากับองค์ประกอบของแรงโน้มถ่วง กล่องจึงอยู่ในสมดุล</p> <p>D. กล่องอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง ไม่เคลื่อนที่ เหตุการณ์ดังกล่าวไม่มีแรงเสียดทานเกิดขึ้น เนื่องจากวัตถุไม่ได้เคลื่อนที่ แรงที่จะกระทำต่อวัตถุจะมีเพียงแรงโน้มถ่วงและแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันเท่านั้น</p> <p>19.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
ข้อ 20.	<p>20.1 “ผู้โดยสารแจ้งความกับตำรวจว่า รถโดยสารประจำทางเบรกกะทันหันทำให้กระเป๋าดินทางที่วางอยู่บนรถกระเด็นมาชนเธอที่นั่งอยู่เบาะหลังจนได้รับบาดเจ็บ” จากเหตุการณ์ การตัดสินใจข้อใดถูกต้อง</p> <p>A. ผู้โดยสารผิด เพราะพิจารณาจากกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>B. คนขับรถโดยสารผิด เพราะพิจารณาจากกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน</p> <p>C. คนขับรถโดยสารถูก เพราะพิจารณาจากกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน</p> <p>D. ผู้โดยสารถูก เพราะพิจารณาจากกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน</p> <p>20.2 เหตุผลที่ใช้ในการตอบ</p> <p>A. หลังการเบรกของรถ จากกฎที่ว่า “แรงกิริยา เท่ากับแรงปฏิกิริยา” กระเป๋าต้องกระเด็นไปข้างหน้า</p> <p>B. การเบรกอย่างกะทันหันเป็นอุบัติเหตุที่เกิดจากความเฉื่อยทำให้กระเป๋ากระเด็นไปทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ไปชนกับผู้โดยสาร</p> <p>C. ทุกแรงกิริยา (Action) ย่อมมีแรงปฏิกิริยา (Reaction) ซึ่งมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้ามกันเสมอ ดังนั้นกระเป๋าจึงกระเด็นมาข้างหลัง หลังการเบรกของรถ โดยสาร</p>

<p>D. วัตถุจะรักษาสถานะอยู่นิ่งหรือสถานะเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ แสดงว่ากระเป๋าดึงกระเด็นไปข้างหน้าไม่ใช่กระเด็นมาข้างหลัง</p> <p>20.3 ความมั่นใจในการตอบ</p> <p>A. มั่นใจ</p> <p>B. ไม่มั่นใจ</p>
--