

การพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จังหวัดสิงห์บุรี



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กุมภาพันธ์ 2559

การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสึ่ลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จังหวัดสิงห์บุรี



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

กุมภาพันธ์ 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสึ่ลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จังหวัดสิงห์บุรี



บทคัดย่อ
ของ
สุพรรณา หอมฤทธิ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

กุมภาพันธ์ 2559

สุพรรณา หอมฤทธิ์. (2559). การพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จังหวัดสิงห์บุรี. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญาณิพนธ์: อาจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล.

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) สร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ และ 2) ศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้แบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่สร้างและพัฒนาขึ้น เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 8 มโนคติ ได้แก่ 1) แรง 2) การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน 3) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน 4) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน 5) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน 6) น้ำหนัก 7) กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน และ 8) แรงเสียดทาน ทั้งนี้แบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ประกอบด้วยข้อคำถาม 40 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ส่วนของคำตอบของคำถาม ส่วนที่ 2 ส่วนของระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถาม ส่วนที่ 3 ส่วนของเหตุผลของคำตอบ และส่วนที่ 4 ส่วนของระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบ โดยข้อคำถามของแบบทดสอบฉบับนี้มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.34 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.26 – 0.84 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.89 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี ที่ได้เรียนรู้เนื้อหาจากรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เสร็จสิ้นแล้วในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 262 คน โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ตามขนาดของโรงเรียน คือ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 103 คน โรงเรียนขนาดกลาง 91 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 68 คน ผลการวิจัยพบว่าแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่นี้สามารถวัดแนวคิดของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้ทั้งแนวคิดที่ถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้ แนวคิดคลาดเคลื่อน และการขาดความรู้

DEVELOPMENT OF FOUR - TIER DIAGNOSTIC TEST TO STUDY STUDENTS'
MISCONCEPTION AND LACK OF KNOWLEDGE ABOUT FORCE AND
LAWS OF MOTION FOR 10th GRADE STUDENTS IN SING BURI PROVINCE



Presented in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Master of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
February 2016

Supansa Homrit. (2016). *Development of four - tier diagnostic test to study students' misconception and lack of knowledge about force and laws of motion for 10th grade students in Sing Buri province*. Master thesis, M.Ed. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor committee: Dr. Chaninan Pruekpramool.

The purposes of this research are 1) to develop the four tier diagnostic test about force and laws of motion for 10th grade students, and 2) to study students' misconception and lack of knowledge about force and laws of motion of 10th grade students who have already studied in this concept in Sing Buri province using four-tier diagnostic test developed by researcher. The concepts used in this research consist of 8 concepts, which were; 1) Force 2) Finding the resultant force between two forces acting at an angle 3) Newton's first law of motion 4) Newton's second law of motion 5) Newton's third law of motion 6) Weight 7) Newton's law of gravitation and 8) Frictional force. This four-tier diagnostic test consisted of 40 items, each item was divided into 4 parts, which were; 1) the answer 2) the confidence level of the answer 3) the reason of the answer and 4) the confidence level of the reason of the answer. The difficulty of each item was in the range between 0.34–0.78. The discrimination of each item was in the range between 0.26–0.84, and the reliability of the test was 0.89. The samples in this study are 262 10th grade students who studied in Science and Mathematics areas in second semester, academic year 2014, in Sing Buri province. The stratified sampling was applied to this research related to the size of the schools, 103 students from extra large school, 91 students from medium school and 68 students from small school. The results revealed that the four-tier diagnostic test about force and laws of motion could be able to measure correct concept, lack of confidence, misconception, and lack of knowledge of students.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสึ่ลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จังหวัดสิงห์บุรี

ของ

สุพรรณา หอมฤทธิ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุษฎิ โยเหลา)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก

.....ประธาน

(อาจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโภค)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนิน วรรณเกตุศิริ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา แนะนำในการจัดทำงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ณสรวรค์ ผลโคก, ผู้ช่วยศาสตราจารย์บัญชา ศิลป์สกุลสุข, อาจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, อาจารย์ ดร.วรวรงค์ รักเรืองเดช และอาจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทระนต์ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจประเมินเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณครูพรภิมล ชัยสุวรรณรักษ์, ครูมนตรี คำจันศรี, ครูแสงเดือน คำภู, ครูติณระพี จำหมีนไวย, ครูสำเนียง รอดจู, ครูวรุฒิ กรองแก้ว, ครูวิโรจน์ เต่งภาวดี, ครูสันติ ม่วงงาม, ครูสุภัทราสิริ สอนเครือ, ครูวัลย์ลักษณ์ หมู่สะแก และครูอุมาพร สุวรรณโมลีซึ่งเป็อาจารย์ ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ของโรงเรียนต่างๆ ในจังหวัดสิงห์บุรี ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก ในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของ โรงเรียนต่างๆ ในจังหวัดสิงห์บุรีที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ นิสิตศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ จนทำให้การทำ ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณพ่อแม่และครอบครัวที่ให้อำลังใจและสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุพรรณษา หอมฤทธิ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	7
ความสำคัญของการวิจัย	7
ขอบเขตของการวิจัย	8
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	8
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	8
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	8
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย	11
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	13
รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	13
องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้	14
พฤติกรรมการเรียนรู้	15
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	21
การวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน	37
ความหมายของการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน	37
แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน	38
แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้	39
แรงและกฎการเคลื่อนที่	54
แนวคิดรวบยอดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่	54
แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่	57
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	60
งานวิจัยที่ทำการสร้างและ/หรือวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน	
ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัย	60
งานวิจัยที่ทำการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องแรงและ	
กฎการเคลื่อนที่	66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	72
ศึกษาปัญหา.....	73
กำหนดจุดมุ่งหมายการวิจัย.....	74
กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	74
ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	76
สร้างแบบทดสอบวินิจัยที่สำคัญระดับชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่.....	77
เก็บรวบรวมข้อมูล.....	89
จัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล.....	89
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	93
การดำเนินการวิจัยส่วนที่ 1 : การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจัย ที่สำคัญระดับชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่4.....	93
การดำเนินการวิจัยส่วนที่ 2 : การศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและ การขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้ แบบทดสอบวินิจัยที่สำคัญระดับชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่.....	102
5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	110
สรุปผลการวิจัย.....	113
อภิปรายผลการวิจัย.....	115
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	117
บรรณานุกรม.....	119
ภาคผนวก.....	128
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ.....	129
ภาคผนวก ข ลำดับร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้ คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ย วิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศในแต่ละจังหวัดจากสูงไปต่ำ.....	131

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก (ต่อ)	
ภาคผนวก ค ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์เพื่อ ศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ...	137
ภาคผนวก ง ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบเพื่อสำรวจ ความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	140
ภาคผนวก จ ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจฉัย สื่ล่ำดับชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	143
ภาคผนวก ฉ ผลการประเมินความถูกต้องเหมาะสมในการจัดกลุ่มรหัสแนวคิด โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	146
ภาคผนวก ช วิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่ได้จากการสัมภาษณ์.....	148
ภาคผนวก ซ วิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่ได้จากการทดสอบด้วยแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด.....	154
ภาคผนวก ฌ ตัวอย่างแบบทดสอบวินิจฉัยสื่ล่ำดับชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	170
ภาคผนวก ญ คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสื่ล่ำดับชั้น เรื่อง แรงและ กฎการเคลื่อนที่.....	180
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	187

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 วิเคราะห์ขั้นตอนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้.....	29
2 วิเคราะห์ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย.....	44
3 จำนวนนักเรียนกลุ่มประชากร จำแนกตามขนาดของโรงเรียน.....	74
4 จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของโรงเรียน.....	76
5 รหัสของลักษณะคำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและ กฎการเคลื่อนที่.....	91
6 การจัดกลุ่มรหัสแนวคิดของนักเรียน.....	92
7 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความรู้เชิงประพจน์โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	93
8 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของแผนผังความคิดกับข้อความรู้เชิงประพจน์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	94
9 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่.....	95
10 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัย สี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ทั้งฉบับ.....	100
11 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีลักษณะแนวคิดในแต่ละลักษณะโดยจำแนก เป็นรายข้อ.....	103
12 ตัวอย่างจำนวนของคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและ ขาดความรู้ซึ่งจำแนกเป็นรายข้อ.....	105
13 ข้อมูลจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์ มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของ ประเทศและจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมดของโรงเรียนต่างๆ ในจังหวัดสิงห์บุรี.....	132
14 ลำดับร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบ ทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์ มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของ ประเทศในแต่ละจังหวัดจากสูงไปต่ำ.....	134
15 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจ ในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	138
16 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจ ในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	141

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
17 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	144
18 ผลการประเมินความถูกต้องเหมาะสมในการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดโดยผู้เชี่ยวชาญ...	147
19 เกณฑ์การจัดกลุ่มลักษณะของแนวคิดของนักเรียนจากผลการทดสอบด้วย แบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่...	155
20 ตัวอย่างการหาค่าความถี่และร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดถูกต้องและ กลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนซึ่งจำแนกตามเหตุผลต่างๆ ที่แสดงถึงแนวคิด ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่.....	156



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	11
2 วงจรความสัมพันธ์ขององค์ประกอบการจัดการเรียนรู้.....	15
3 ลำดับขั้นของพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย.....	17
4 ลำดับขั้นของพฤติกรรมด้านจิตพิสัย.....	19
5 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดผลและการประเมินผล.....	23
6 องค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของกระบวนการประเมินผล.....	23
7 วิธีดำเนินการวิจัย.....	72
8 แผนผังความคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่.....	81
9 ลักษณะคำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยส่ลำดับขั้นเรื่องแรงและ กฎการเคลื่อนที่.....	90

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันโลกของเราได้ก้าวเข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์ในศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ รวมทั้งยังมีการแข่งขันที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งด้านเทคโนโลยี การสื่อสาร เศรษฐกิจ และสังคม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่แต่ละประเทศจะต้องพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความสามารถในการแข่งขัน และปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเพื่อการดำรงชีวิตอย่างมีความสุข สำหรับประเทศไทยก็ต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเฉกเช่นเดียวกับนานาอารยประเทศ โดยเฉพาะในปีพุทธศักราช 2558 ประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นหนึ่งในสมาชิกของสมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Association of South East Asian Nations หรือ ASEAN) จึงมีความจำเป็นที่ประเทศไทยจะต้องเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ ทั้งคน สังคม และระบบเศรษฐกิจเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น โดยเฉพาะการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์นั้นเป็นพื้นฐานสำคัญในการนำไปสู่การพัฒนาทางด้านต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พุทธศักราช 2540–2544) ฉบับที่ 9 (พุทธศักราช 2545–2549) ฉบับที่ 10 (พุทธศักราช 2550–2554) และฉบับที่ 11 (พุทธศักราช 2555–2559) ที่มุ่งเน้น “คนเป็นศูนย์กลางในการพัฒนา” ทั้งนี้ในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์นั้นจำเป็นต้องให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมโลกที่เปลี่ยนจากการใช้แรงงานมาเป็นการใช้ความรู้และเทคโนโลยีมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในด้านความรู้ ทักษะ ความชำนาญ ควบคู่ไปกับการพัฒนาเทคโนโลยี ซึ่งเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์คือ การศึกษา แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ประเทศไทยยังมีปัญหาด้านคุณภาพการศึกษา ดังจะเห็นได้จากคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาพรวมยังไม่อยู่ในระดับที่น่าพอใจ เนื่องจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาพรวมลดลงจากร้อยละ 39.00 (พุทธศักราช 2550) เหลือร้อยละ 34.90 (พุทธศักราช 2553) อีกทั้งยังต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 55 โดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการสนับสนุนการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2554: (1)–(7), 1–8) นอกจากนี้จากผลการทดสอบทางการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ในระดับต่างๆ ทั้งระดับประเทศ ได้แก่ การทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test หรือ O-NET) พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั้งประเทศตั้งแต่ปีการศึกษา 2551–2555 อยู่ในช่วง 27.90–33.70 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). 2556: ออนไลน์) ซึ่งถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ และผลการทดสอบระดับนานาชาติ ได้แก่ Programme for International Student Assessment (PISA) โดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and

Development หรือ OECD) พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2000–2006 ลดลงอย่างต่อเนื่อง ยกเว้นปี 2009 ที่คะแนนเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อยแต่ก็ยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้นักเรียนไทยเกือบครึ่งหนึ่งรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ต่ำกว่าระดับพื้นฐาน (ระดับ 2) ตามเกณฑ์ของ PISA และยิ่งไปกว่านั้นจากผลการทดสอบ Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) โดยสมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินผลการศึกษา (International Association for Educational Assessment หรือ IAEA) พบว่า คะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของประเทศไทยในปี 2011 (451 คะแนน) ลดลงต่ำกว่าปี 2007 (471 คะแนน) อีกทั้งนักเรียนไทยประมาณครึ่งหนึ่งมีความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรในบรรทัดฐานไม่ถึงขั้นกลางนั้นคืออยู่ในบรรทัดฐานขั้นต่ำและไม่ถึงขั้นต่ำ โดยเฉพาะองค์ความรู้ทางด้านฟิสิกส์ที่นักเรียนทำคะแนน TIMSS 2007 ได้ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ความรู้วิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ ซึ่งจากข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าคุณภาพการศึกษาของไทยโดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่น่าพึงพอใจ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2552: 4-32; 2554ก: 160–161; Martin; et al. 2012: 56) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องพัฒนาคุณภาพการศึกษาของคนไทยให้ดีขึ้น โดยเฉพาะการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะต้องวางรากฐานให้ประชาชนทุกคนได้รับการศึกษาและมีความรู้ และส่งเสริมผู้ที่มีความรู้ ความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มีการพัฒนาเต็มตามศักยภาพ เพื่อให้มีความสามารถในการแข่งขันในด้านต่างๆ กับนานาชาติ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545: 17) และเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

ทั้งนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2552ก: 14-15) ได้กำหนดเนื้อหาสาระสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ 8 สาระ ได้แก่ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สารและสมบัติของสาร แรงแรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเนื้อหาสาระเรื่อง แรงแรงและการเคลื่อนที่เป็นองค์ความรู้หนึ่งของวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ ได้ให้ความสำคัญโดยจัดให้มีการเรียนการสอนเนื้อหาทั้งในรายวิชาพื้นฐานและรายวิชาเพิ่มเติม เนื่องจากการเรียนรู้เรื่อง แรงแรงและการเคลื่อนที่ มีความสำคัญมาก เพราะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เนื้อหาฟิสิกส์เรื่องอื่นๆ ที่สูงขึ้น (Panprueksa. 2012: 275; Turker. 2005: 5) รวมถึงการเรียนวิชาฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษา (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และ เพ็ญจันทร์ ชิงห์. 2550: 49) โดยเฉพาะเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันนั้นเป็นความรู้พื้นฐานที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการเรียนเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เพราะนอกจากจะใช้ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงแรงและการเคลื่อนที่แล้ว ยังเป็นพื้นฐานในการเรียนฟิสิกส์เรื่องอื่นๆ อีก เช่น งาน พลังงาน โมเมนตัม เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553: 88) อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ต่างๆ ในธรรมชาติที่เกิดขึ้นรวมถึงเหตุการณ์ต่างๆ

ในชีวิตประจำวันของเราอีกด้วย (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และ เพ็ญจันทร์ ชิงห์. 2550: 49) เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรา หรือการแข่งขันชกมวยที่ต้องอาศัยความรู้ทางฟิสิกส์ เรื่อง แรงเสียดทาน กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน เป็นต้น (เรื่องชัย; และรำพรรณ รักศรีอักษร. 2549: 45-47)

อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2554 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สำนักทดสอบทางการศึกษา. 2555: ไม่ปรากฏเลขหน้า) พบว่ามีมาตรฐานที่ต้องปรับปรุงเร่งด่วนเนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ 8 มาตรฐาน โดยมาตรฐานที่ต้องปรับปรุงเร่งด่วนมากที่สุดซึ่งพิจารณาจากผลต่างของคะแนนเฉลี่ยระดับสังกัดกับคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ พบว่า มาตรฐานที่ต้องปรับปรุงเร่งด่วน 2 อันดับแรกอยู่ในสาระที่ 4 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ คือ มาตรฐาน ว 4.2 และมาตรฐาน ว 4.1 ตามลำดับ โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2552ก: 14-15) ได้กำหนดรายละเอียดของทั้ง 2 มาตรฐานไว้ดังนี้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ที่ยังไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งอาจเกิดจากนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Misconception) คือ แนวคิดที่แตกต่างไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) (Caleon; & Subramaniam. 2009: 313) ที่แวดวงวิทยาศาสตร์ (Scientific community) ให้การยอมรับ (Treagust. 1988: 159) หรือเกิดจากนักเรียนขาดความรู้ (Lack of knowledge) ในเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายๆ งานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย ได้แก่ งานวิจัยของพันธุ์พุกษา (Panprueksa. 2012) ที่ได้ทำการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในหลายๆ มโนคติ และมีนักเรียนเพียงร้อยละ 30 เท่านั้นที่มีความเข้าใจในแนวคิดเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรุจิระ การ์สิข (2554) ที่ได้ทำการศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้แบบทดสอบแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์มาตรฐาน

เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (FMCE) พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรง และการเคลื่อนที่เป็นจำนวนมาก โดยมีนักเรียนเพียงร้อยละ 13.9 เท่านั้นที่มีความเข้าใจในแนวคิด ที่ถูกต้อง ดังนั้นจึงได้ทำการปรับเปลี่ยนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ ด้วยชุดกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรง และการเคลื่อนที่ที่ถูกต้อง เช่นเดียวกับงานวิจัยของนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548) ที่ได้ทำการ ศึกษา ความเข้าใจในโมเมนต์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน สาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง แรงและกฎ การเคลื่อนที่ อันเนื่องมาจากประสบการณ์และความรู้เดิมที่ได้รับการตีความที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้น จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนา ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจ ในโมเมนต์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ถูกต้อง

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาข้อมูลจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในแต่ละโรงเรียน ทั่วประเทศที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศ (ขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2555 คือ 33.04) (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). 2556: ออนไลน์) แล้วทำการวิเคราะห์และเรียงลำดับร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนน การทดสอบในวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างในแต่ละจังหวัดจากสูงไปต่ำ พบว่า จังหวัดสิงห์บุรีมีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างร้อยละ 37.32 และอยู่ในอันดับที่ 61 ของประเทศ ซึ่งถือว่าค่อนข้างรั้งท้ายเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่นๆ (ภาคผนวก ข) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลคะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5 ซึ่งเป็นเขตพื้นที่การศึกษาที่โรงเรียนมัธยมศึกษาทั้งหมด 12 โรงเรียนในจังหวัดสิงห์บุรีสังกัดอยู่ พบว่า มีจำนวน 1 โรงเรียนเท่านั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยวิชา วิทยาศาสตร์มากกว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประเทศและระดับเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 5

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการศึกษาปัญหาการเรียนรู้ ความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งข้อบกพร่องในการเรียนรู้ทั้งแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดสิงห์บุรี เพื่อหาทางจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อปรับปรุง แก้ไขและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้น ซึ่งเครื่องมือหนึ่ง ที่นิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยเฉพาะด้านพุทธิพิสัย คือ แบบทดสอบ (พิชิต ฤทธิ์เจริญ. 2555: 61; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 24) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 6 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบอัตนัยหรือความเรียง แบบทดสอบถูกผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบตอบสั้นๆ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 24; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 73–97) โดยส่วนใหญ่แล้วในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยของนักเรียน นิยมใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (บุญชม ศรีสะอาด. 2540: 26; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 147) เนื่องจากสามารถวัดได้ทุกเนื้อหาวิชา วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนได้ครบทุกด้าน ครอบคลุมเนื้อหาตามจุดประสงค์การเรียนรู้ สามารถพัฒนาเป็นแบบทดสอบมาตรฐานได้ วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบได้ง่าย มีความเชื่อมั่นของแบบทดสอบสูงเนื่องจากมีจำนวนข้อสอบมาก ควบคุมระดับความยากง่ายของข้อสอบได้ ง่ายต่อการใช้ สะดวกรวดเร็ว ใช้เวลาในการทดสอบไม่นาน ตรวจให้คะแนนง่าย มีความเป็นปรนัยสูงในการตรวจให้คะแนนและแปลผล ยุติธรรมในการให้คะแนน มีอิทธิพลของความอคติน้อย ตัดปัญหาเรื่องลายมือนักเรียนที่อ่านยาก สามารถวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างเป็นระบบ (ชวลิต ชูกำแหง. 2550: 98; ทิวัธณ์ มณีโชติ. 2549: 54; มหาวิทยาลัยสุโขทัย ธรรมาธิราช. 2549: 147; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 38; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 97) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ของโรงเรียนต่างๆ ในจังหวัดสิงห์บุรีจำนวน 10 ท่านเกี่ยวกับลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ซึ่งจากการสัมภาษณ์พบว่า แบบทดสอบที่ครูผู้สอนใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีทั้งแบบทดสอบอัตนัยและปรนัย ซึ่งแบบทดสอบอัตนัยจะเน้นให้นักเรียนแสดงวิธีทำและคำนวณ ส่วนแบบทดสอบปรนัยจะเน้นวัดความรู้ความจำเกี่ยวกับนิยาม คำจำกัดความ รวมทั้งความเข้าใจและการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังมีแบบทดสอบเติมคำ จับคู่ ถูกผิด และเขียนตอบอย่างสั้นอีกด้วย ซึ่งแบบทดสอบแต่ละฉบับที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นนั้นจะวัดความรู้ด้านพุทธิพิสัยหลายระดับได้แก่ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ทั้งนี้แบบทดสอบของบางโรงเรียนสามารถวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้โดยการดูจากตัวเลือกหรือคำตอบที่นักเรียนตอบผิด แต่แบบทดสอบของบางโรงเรียนก็ไม่สามารถวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า แบบทดสอบที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นนั้นเป็นแบบทดสอบขั้นเดียว คือ มีส่วนของคำถามและส่วนของคำตอบของคำถามทั้งที่ให้นักเรียนเขียนอธิบายและให้เลือกตอบ ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะวัดได้ว่าการที่นักเรียนตอบผิดนั้นเกิดมาจากสาเหตุหรือเหตุผลใด และไม่สามารถแยกได้ว่าการที่นักเรียนตอบถูกนั้นมาจากเหตุผลที่ถูกหรือผิดซึ่งสามารถแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวนี้ได้ด้วยแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น (Two - tier diagnostic test) (Caleon; & Subramaniam. 2009: 314) ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดหนึ่ง (บุญชม ศรีสะอาด. 2540: 27) ที่สามารถวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดหรือมีจุดบกพร่อง จุดด้อย ปัญหาอุปสรรค ความไม่เข้าใจในการเรียนเรื่องใด รวมทั้งสาเหตุของจุดด้อยหรือจุดบกพร่องนั้นๆ เพื่อที่ครูผู้สอนจะได้ปรับปรุงและแก้ไขการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมเพื่อแก้ไข จุดด้อย จุดบกพร่อง และปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์ในการเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้น (บุญชม ศรีสะอาด. 2540:35–36; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 149) โดยแบบทดสอบวินิจฉัย

นิยมสร้างเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช. 2549: 149; Turker. 2005: 1) เนื่องจากแบบทดสอบแบบเลือกตอบมีข้อดีตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากนี้ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยจะต้องมีจำนวนของข้อสอบมากเพื่อให้ครอบคลุมกับเนื้อหาทั้งหมดที่ต้องการทดสอบ ดังนั้นแบบทดสอบแบบเลือกตอบจึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งในการสร้างเป็นแบบทดสอบวินิจฉัย (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช. 2549: 149)

แบบทดสอบวินิจฉัยมีการสร้างและพัฒนาสำหรับวัดจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนในรายวิชาต่างๆ ทั้งคณิตศาสตร์ ภาษาไทย และวิทยาศาสตร์เรื่อยมาเพื่อให้แบบทดสอบวินิจฉัยสามารถวัดจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ตั้งแต่แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice) ซึ่งมีขึ้นเดียวประกอบด้วยส่วนของคำถามและส่วนของคำตอบของคำถาม ซึ่งข้อจำกัดของแบบทดสอบแบบเลือกตอบขึ้นเดียวคือ ไม่สามารถแยกแยะระหว่างนักเรียนที่ตอบถูกและมีเหตุผลที่ถูกต้องออกจากนักเรียนที่ตอบถูกแต่เหตุผลผิดได้ ดังนั้นจึงพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นที่ประกอบด้วย 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นส่วนที่วัดเนื้อหาความรู้ และส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่วัดเหตุผลของคำตอบในส่วนที่ 1 (Caleon; & Subramaniam. 2009: 314; Treagust. 1988: 163) แต่ทั้งนี้แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นนี้ยังมีข้อจำกัดคือ การคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนสูงเกินไป (Turker. 2005: 2; citing Griffard; & Wandersee. 2001. *International Journal of Science Education*. 23(10)) เนื่องจากไม่สามารถแยกแยะระหว่างแนวคิดที่คลาดเคลื่อนกับการขาดความรู้ของนักเรียนได้ นอกจากนี้ยังไม่สามารถแยกได้ว่าการที่นักเรียนตอบถูกนั้นมาจากการที่นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องหรือเกิดจากการเดา (Guessing) ดังนั้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวจึงมีการพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น (Three – tier diagnostic test) โดยเพิ่มระดับความมั่นใจในคำตอบ (Confidence level) ของแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น (Caleon; & Subramaniam. 2009: 314) กล่าวคือ ถ้านักเรียนตอบผิดและไม่มั่นใจในคำตอบแสดงว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ถ้านักเรียนตอบผิดและไม่มั่นใจในคำตอบแสดงว่านักเรียนขาดความรู้ (Turker. 2005: 6–7) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นนี้ยังมีข้อจำกัดคือ การวัดระดับความมั่นใจในคำตอบนั้นเป็นการวัดทั้งในคำตอบส่วนที่ 1 และ 2 ซึ่งไม่มีความชัดเจนเพียงพอถ้านักเรียนมีระดับความมั่นใจในคำตอบทั้งสองส่วนแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวจึงมีการพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น (Four - tier diagnostic test) โดยเพิ่มระดับความมั่นใจในคำตอบของแต่ละส่วนทั้งส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 เพื่อให้นักเรียนเลือกระดับความมั่นใจในคำตอบแต่ละส่วนได้อย่างชัดเจน (Caleon; & Subramaniam. 2009: 315)

อย่างไรก็ตาม พบว่างานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นนั้นมีน้อยมาก ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบเพียงงานวิจัยของคาเลออนและซุบรามานิยม (Caleon; & Subramaniam. 2009: 313-337) ที่ได้ทำการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง คลื่นกล (Mechanical waves) โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ ส่วนของคำตอบ

ของคำถาม, ส่วนที่ 2 คือระดับความมั่นใจในคำตอบส่วนที่ 1, ส่วนที่ 3 คือ เหตุผลของคำตอบในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 4 คือระดับความมั่นใจในคำตอบส่วนที่ 3 โดยงานวิจัยนี้สามารถแยกแนวคิดที่คลาดเคลื่อนกับการขาดความรู้ของนักเรียนได้ โดยกำหนดว่า ถ้านักเรียนตอบผิดและมีความมั่นใจในคำตอบเฉลี่ยมากกว่า 3.50 แสดงว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน แต่ถ้านักเรียนตอบผิดและมีความมั่นใจในคำตอบเฉลี่ยน้อยกว่า 3.50 แสดงว่านักเรียนขาดความรู้ในเรื่องที่ทำการวัด

ผู้วิจัยจึงเห็นประโยชน์และข้อดีของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นนี้ เนื่องจากสามารถวัดจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ จึงมีความสนใจที่จะสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดสิงห์บุรี เพื่อแก้ไขปัญหาด้านการเรียนรู้ของนักเรียนดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่
2. เพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่สร้างและพัฒนาขึ้น

ความสำคัญของการวิจัย

1. แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่สร้างและพัฒนาขึ้นเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นครูผู้สอนสามารถนำแบบทดสอบนี้ไปใช้ในการศึกษาแนวคิดทั้งแนวคิดที่ถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้ แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนได้ง่าย สะดวก ไม่เสียเวลาวิเคราะห์ผลง่าย ได้ผลการวินิจฉัยอย่างรวดเร็วทำให้ครูผู้สอนทราบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องขาดความมั่นใจในความรู้ มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน หรือขาดความรู้จำนวนเท่าใด ในโมเมนต์ใดอย่างไรบ้าง ซึ่งจะสามารถช่วยให้ครูผู้สอนปรับปรุงและวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับความต้องการของนักเรียน และสามารถแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ของนักเรียนได้
2. แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่จะช่วยในการประเมินและตัดสินใจของครูผู้สอนได้ว่านักเรียนมีความพร้อมที่จะเรียนในเนื้อหาเรื่องต่อไปหรือไม่
3. แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่จะช่วยให้นักเรียนทราบว่าตนเองมีจุดบกพร่องในการเรียนรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่อย่างไรบ้าง เพื่อให้นักเรียนปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ให้ดีขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2557 ในจังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 617 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้เนื้อหารายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เสร็จสิ้นแล้ว ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวนอย่างน้อย 243 คน (คำนวณจากสูตรของ Taro Yamane กำหนดระดับความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง 5%) โดยในการวิจัยครั้งนี้มีนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 262 คน ซึ่งสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ตามขนาดของโรงเรียน คือ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 103 คน โรงเรียนขนาดกลาง 91 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 68 คน ตามสัดส่วนจำนวนประชากรในแต่ละขนาดของโรงเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างในแต่ละขนาดของโรงเรียนจะทำการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหา เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ตามหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเนื้อหาย่อยประกอบด้วย

- แรง
- การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน
- กฎการเคลื่อนที่
- น้ำหนัก
- กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
- แรงเสียดทาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบทดสอบวินิจฉัยสึ่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ หมายถึง แบบทดสอบสำหรับศึกษาแนวคิด ได้แก่ แนวคิดที่ถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้ แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังนั้นจึงเน้นวัดความเข้าใจในแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มากกว่าการคำนวณ โดยเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่มีการระบุขอบเขตของเนื้อหา เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่อย่างชัดเจนตามหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ โดยแบบทดสอบฉบับนี้

ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 40 ข้อ แบ่งตามเนื้อหาย่อยได้ดังนี้

- เนื้อหาเรื่อง แรง ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 6 ข้อ
- เนื้อหาเรื่อง การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ
- เนื้อหาเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 15 ข้อ
- เนื้อหาเรื่อง น้ำหนัก ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ
- เนื้อหาเรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 6 ข้อ
- เนื้อหาเรื่อง แรงเสียดทาน ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 7 ข้อ

โดยแต่ละข้อคำถามประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 (A-tier) คือ คำตอบของคำถาม ประกอบด้วยตัวเลือก 3 ตัวเลือก โดย 1 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 2 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือตัวลวงที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วโดยใช้แบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิดของนักเรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ส่วนที่ 2 (C_A-tier) คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถาม ประกอบด้วย 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

ส่วนที่ 3 (R-tier) คือ เหตุผลของคำตอบ ประกอบด้วยตัวเลือก 4 ตัวเลือก โดย 1 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง อีก 2 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือตัวลวงที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งได้มาจากการทดสอบนักเรียนที่เคยเรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วด้วยแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยตัวเลือกที่ 4 จะเป็นเหตุผลอื่นๆ ซึ่งจะเว้นช่องว่างให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลตามแนวคิดของตนเองในกรณีที่นักเรียนมีแนวคิดหรือเหตุผลที่แตกต่างไปจากตัวเลือกที่กำหนดให้

ส่วนที่ 4 (C_R-tier) คือ ระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบ ประกอบด้วย 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

2. แบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 คือส่วนของคำตอบของคำถาม (A-tier) ประกอบด้วยตัวเลือก 3 ตัวเลือก โดย 1 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 2 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือตัวลวงที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วโดยใช้แบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิดของนักเรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนที่เว้นช่องว่างให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบในส่วน A-tier ตามความเข้าใจของนักเรียน

3. แนวคิด เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย แนวคิดที่ถูกต้อง การขาด

ความมั่นใจในความรู้ แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

3.1 แนวคิดที่ถูกต้อง (Correct concept) เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่สอดคล้องหรือตรงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ที่แวดวงวิทยาศาสตร์ (Scientific community) ให้การยอมรับ ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สามารถระบุแนวคิดที่ถูกต้องของนักเรียนได้ เมื่อนักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) และมีความมั่นใจในคำตอบทั้งในส่วนคำตอบของคำถามและส่วนเหตุผลของคำตอบ

3.2 การขาดความมั่นใจในความรู้ (Lack of confidence) เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ หมายถึง การที่นักเรียนมีความรู้ที่ถูกต้องแต่ไม่มั่นใจในความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่ตนเองมี ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สามารถระบุการขาดความมั่นใจในความรู้ของนักเรียนได้โดยเมื่อนักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) แต่ไม่มีความมั่นใจในคำตอบในส่วน A-tier และ/หรือ ส่วน R-tier

3.3 แนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Misconception) เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่แตกต่างไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ที่แวดวงวิทยาศาสตร์ (Scientific community) ให้การยอมรับ ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สามารถระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ โดยเมื่อนักเรียนตอบผิดและมีความมั่นใจในคำตอบในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และ/หรือ ส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier)

3.4 การขาดความรู้ (Lack of knowledge) เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ หมายถึง การที่นักเรียนมีความรู้ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ไม่เพียงพอที่จะใช้ความรู้ที่มีตอบคำถามได้ ดังนั้นคำตอบที่นักเรียนเลือกตอบจึงเกิดจากการเดา (Guessing) ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สามารถระบุการขาดความรู้ของนักเรียนได้โดยเมื่อนักเรียนตอบผิด และไม่มีความมั่นใจในคำตอบในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และ/หรือส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 1.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 - 1.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้
 - 1.3 พฤติกรรมการเรียนรู้
 - 1.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้
2. การวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน
 - 2.1 ความหมายของการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน
 - 2.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน
 - 2.3 แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้
3. แรงและกฎการเคลื่อนที่
 - 3.1 แนวคิดรวบยอดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่
 - 3.2 แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยที่ทำการสร้างและ/หรือวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัย
 - 4.2 งานวิจัยที่ทำการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

1. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบันและอนาคตวิทยาศาสตร์ได้ก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะทำให้เกิดความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และในทางกลับกันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีก็จะทำให้การศึกษาค้นคว้าทางด้านวิทยาศาสตร์ก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น ดังนั้นความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงมีการพัฒนาควบคู่กันไป นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมต่างๆ ที่อำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตประจำวัน การทำงาน การพัฒนาทางด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการบริการที่จะนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถทางเศรษฐกิจของประเทศให้สามารถแข่งขันกับนานาชาติได้ รวมทั้งช่วยพัฒนาทางด้านสังคม กล่าวคือยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้ดีขึ้นและช่วยให้ประชาชนอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างสงบสุข นอกจากนี้แล้ววิทยาศาสตร์ยังช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาวิธีการคิด โดยเฉพาะการคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและตรวจสอบได้ รู้จักแยกแยะสิ่งที่ควรเชื่อและไม่ควรเชื่อได้รวมทั้งการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์จะช่วยให้เข้าใจและสามารถนำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่อยู่รอบๆ ตัวได้ ซึ่งสอดคล้องกับสังคมปัจจุบันที่เป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge based society) (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2552: 1; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544 ก: คำนำ, 5-16; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2547: 1-2)

การจัดการเรียนรู้ของประเทศไทยทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้รวมทั้งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้เปลี่ยนแปลงจากการจัดการเรียนรู้ที่ยึดครูเป็นศูนย์กลางเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางหรือเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ คือ การจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย (ทิศนา ขัมมณี. 2553: 4; พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2548: 6; สุวิทย์; และอรทัย มูลคำ. 2550: 8) ซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 22 ที่ระบุว่า "การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ" โดยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันนั้นได้มุ่งเน้นให้นักเรียนได้พัฒนาวิธีการคิด ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ ค้นคว้าหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้อย่างมีคุณธรรมและจริยธรรม (พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2548: 7; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2547: 7, 17) โดยในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญนั้นมีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544ก: 33) และสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2547: 17-101) ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ได้ดังนี้

1.1.1 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย

- 1.1.2 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติทดลอง
- 1.1.3 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสาธิต
- 1.1.4 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบศึกษานอกสถานที่
- 1.1.5 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบอ่านหรืออ่านจำเรื่อง
- 1.1.6 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบอภิปรายซักถาม
- 1.1.7 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
- 1.1.8 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มทำงาน
- 1.1.9 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา
- 1.1.10 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์
- 1.1.11 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 1.1.12 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกิจกรรมวิทยาศาสตร์
- 1.1.13 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบใช้ของเล่นเป็นสื่อ
- 1.1.14 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบจัดประสบการณ์การเรียนรู้
- 1.1.15 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ความรู้
- 1.1.16 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ OEPC
- 1.1.17 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ CIPPA
- 1.1.18 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT

สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของต่างประเทศมีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น ประเทศญี่ปุ่นได้ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ โดยบูรณาการให้สอดคล้องและเหมาะสมกับท้องถิ่นและนักเรียน โดยในระดับประถมศึกษาจะเน้นให้นักเรียนสังเกตธรรมชาติ มีทักษะการแก้ปัญหาและการคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจะเน้นการสังเกต ค้นคว้า ทดลอง ปฏิบัติเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ สนใจใฝ่รู้เกี่ยวกับธรรมชาติ และการคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจะเน้นการค้นคว้า ทดลอง ปฏิบัติเกี่ยวกับสิ่งที่จะนำไปสู่ความรู้ ความเข้าใจ ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับการดำรงชีวิตของมนุษย์ ยกย่องความสนใจวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543: 56-57; 2544ข: 18) สำหรับประเทศอังกฤษจะเน้นการจัดการเรียนรู้แบบให้ลงมือปฏิบัติจริงและเสริมด้วยการใช้สื่อ ส่วนประเทศสหรัฐอเมริกาจะเน้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544ก: 126) สำหรับประเทศสวีเดนและประเทศเยอรมนีจะเน้นการจัดการเรียนรู้โดยการตั้งโจทย์เพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหา (พูนสุข อุดม. 2553: 61)

1.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้

ในการดำรงชีวิตประจำวันของเรานั้นมักมีกิจกรรมต่างๆ ให้เราทำอย่างมากมาย ซึ่งเมื่อวิเคราะห์แล้วจะพบว่าในการทำกิจกรรมใดๆ นั้นมักจะประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1. การกำหนดจุดมุ่งหมาย 2. การดำเนินกิจกรรมเพื่อนำไปสู่จุดมุ่งหมาย 3. การวัดและประเมินผล

การดำเนินกิจกรรมซึ่งจะสะท้อนให้เห็นว่าการดำเนินกิจกรรมนั้นสามารถทำให้เกิดผลตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ เพียงใด (สมบุรณ์ ตันยะ. 2545: 9) สำหรับการจัดการเรียนรู้ก็เช่นเดียวกันที่จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบและขั้นตอนที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ประการที่ 1 วัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Learning objective) ประการที่ 2 การเรียนรู้ (Learning) และประการที่ 3 การวัดและประเมินผล (Evaluation) (ชวลิต ชูกำแพง. 2550: 14; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 15; ราตรี นันทสุคนธ์. 2555: 11; สมบุรณ์ ตันยะ. 2545: 9; สุมาลี จันทรชลอ. 2542?: 11; Frust. 1958: 3; Hopkins, Kenneth D; Stanley; & Hopkins, B. R. 1990: 9) ซึ่งองค์ประกอบทั้ง 3 นี้มีความสัมพันธ์กันดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 วงจรความสัมพันธ์ขององค์ประกอบการจัดการเรียนรู้

ที่มา: สุมาลี จันทรชลอ. (2542?). การวัดและประเมินผล. หน้า 11

1.3 พฤติกรรมการเรียนรู้

พฤติกรรมการเรียนรู้สามารถแบ่งได้ 3 พฤติกรรม ตามหลักการของบลูม (Bloom) ได้แก่ พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective domain) และพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain)

1.3.1 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain)

หมายถึง การแสดงออกทางด้านสติปัญญา สมองและความรู้ เช่น การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ เป็นต้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน โดยเริ่มจากความสามารถทางสติปัญญาที่ง่ายไปสู่ความสามารถทางสติปัญญาที่ซับซ้อน หรือจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่สิ่งที่เป็นนามธรรม ได้แก่

ขั้นที่ 1 ความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถของสมองในการเก็บสะสมและรักษาไว้ซึ่งความรู้ กระบวนการ หลักการ ความเป็นจริง หรือประสบการณ์ต่างๆ ที่นักเรียนได้รับอย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งความรู้ เรื่องราว กระบวนการ หลักการ หรือประสบการณ์นั้นอาจได้รับมาจากการสอนของครูผู้สอนหรือจากการเรียนรู้ด้วยวิธีการอื่นๆ เช่น การฟังวิทยุ ดูโทรทัศน์ อ่านหนังสือพิมพ์ หรือฟังคำบอกเล่า เป็นต้น อาศัยการท่องจำและสามารถ

ระลึกความรู้ที่นักเรียนมีได้ ซึ่งความรู้ ความจำ แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ความรู้เฉพาะเรื่อง (Knowledge of specifics) ความรู้ในวิธีการดำเนินการ (Knowledge of ways and means of dealing with specifics) และความรู้รวบยอดในเรื่อง (Knowledge of the universal and abstractions in a field)

ขั้นที่ 2 ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย สรุป จับใจความสำคัญ ตีความ ขยายความ หรือเขียนเป็นเรื่องราวต่างๆ ที่ตนเองได้รับรู้มา โดยใช้ถ้อยคำหรือสำนวนของตนเองโดยที่เนื้อความยังมีความหมายเหมือนเดิม ซึ่งความเข้าใจ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การแปลความ (Translation) การตีความ (Interpretation) และการขยายความ (Extrapolation)

ขั้นที่ 3 การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎและหลักการ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ที่ไม่เคยพบมาก่อน หรืออาจเป็นสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน กับสถานการณ์ที่เคยพบเห็นมาก่อนก็ได้ เช่น นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการลบเลข และสามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในการคิดทอนเงินได้ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการใช้สมองขบคิด ไตร่ตรอง แยกแยะเรื่องราวหรือสิ่งต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อให้สามารถค้นหาความจริงที่แฝงอยู่ในสิ่งนั้นๆ ว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร มีความสัมพันธ์กันอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล อาศัยหลักการอะไร เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of elements) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) และการวิเคราะห์หลักการ (Analysis of organizational principles)

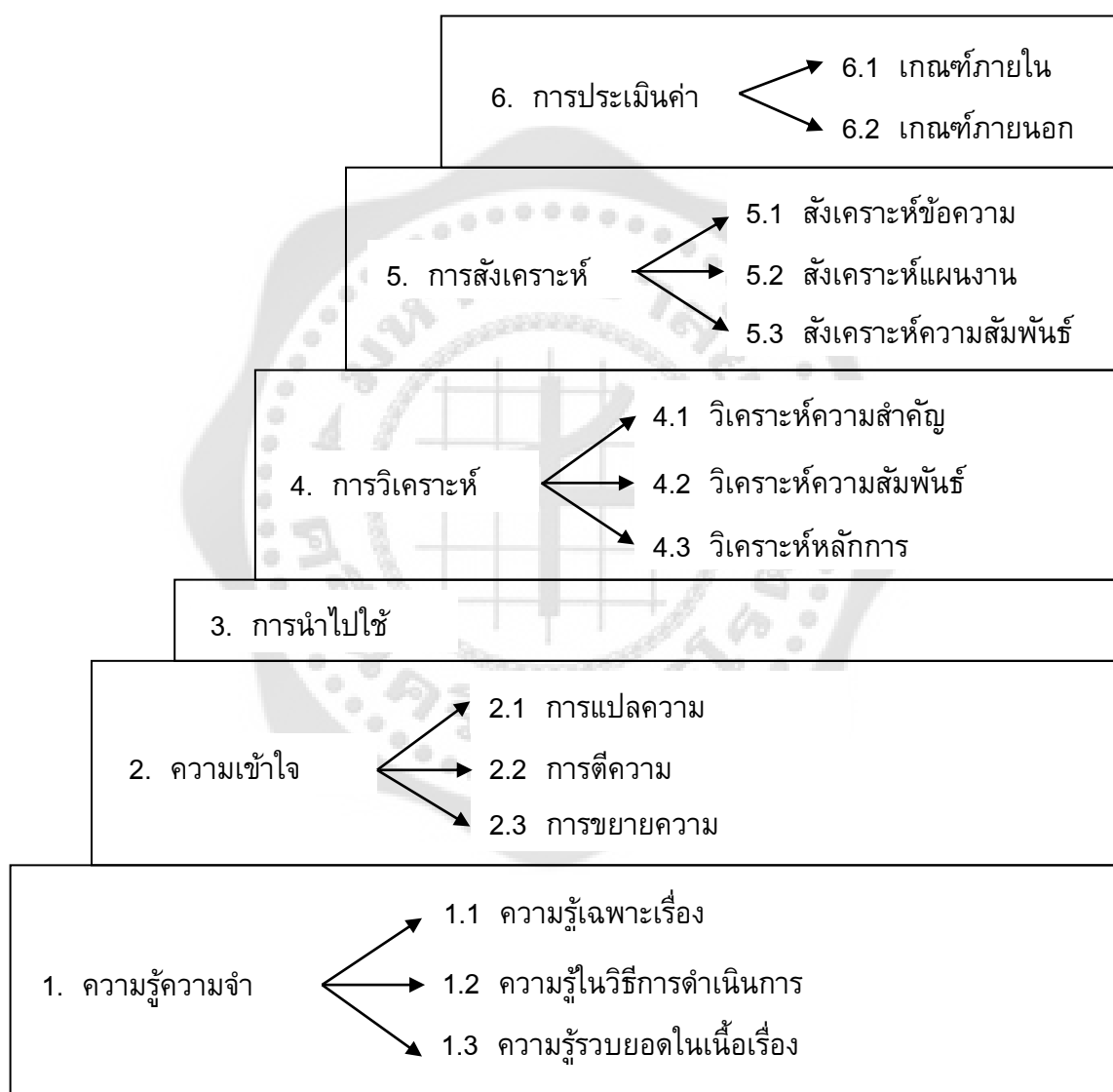
ขั้นที่ 5 การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสาน รวบรวมเรื่องราวหรือความรู้ย่อยต่างๆ ที่นักเรียนมี เพื่อสร้างสรรค์เรื่องราวใหม่ๆ หรือสิ่งใหม่ๆ ที่มีความหมาย มีความสำคัญ และมีคุณลักษณะ โครงสร้าง หรือหน้าที่ที่แตกต่างไปจากเดิม ไม่ซ้ำ หรือคัดลอกความคิดจากใคร การสังเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การสังเคราะห์ข้อความ (Production of unique communication) การสังเคราะห์แผนงาน (Production of plan, or proposed set of operation) และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ (Derivation of a set abstract relation)

ขั้นที่ 6 การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณา วินิจฉัย ตัดสินคุณค่าของสิ่งใดสิ่งหนึ่งไม่ว่าจะเป็นสิ่งของ กระบวนการ แนวคิด เหตุการณ์ต่างๆ ว่าดี-ไม่ดี ถูก-ไม่ถูก ควร-ไม่ควร เหมาะสม-ไม่เหมาะสม โดยอาศัยข้อเท็จจริง เกณฑ์ และเหตุผล ในการตัดสินคุณค่า ซึ่งการประเมินค่าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การประเมินโดยอาศัย เกณฑ์ภายใน (Judgment in terms of internal evidence) และการประเมินโดยอาศัยเกณฑ์ภายนอก (Judgment in terms of external evidence)

โดยสรุปแล้วพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยเป็นพฤติกรรมการแสดงออกทางด้านสติปัญญา ที่แบ่งออกเป็น 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นความรู้ความจำ ขั้นความเข้าใจ ขั้นการนำไปใช้ ขั้นการวิเคราะห์

ขั้นการสังเคราะห์ และขั้นประเมินค่า (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 31-35; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 41-48; เยาวดี รามชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 190-191; ราตรี นันทสุคนธ์. 2555: 35-36; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 128-151; เอมอร จังศิริพรปกรณ์. 2546: 145-146; Adams; & Torgerson. 1964: 364-366; Bloom. 1979: 61-207; Reynolds; Livingston; & Willson. 2010: 173-174)

จากที่ได้อธิบายรายละเอียดของพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ไปแล้วข้างต้น สามารถสร้างลำดับขั้นของพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ลำดับขั้นของพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

ที่มา: พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2555). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. หน้า 36

1.3.2 พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective domain)

หมายถึง การแสดงออกทางด้านอารมณ์ ความรู้สึกทางจิตใจ เช่น เห็นคุณค่า เจตคติ สนใจต่อสิ่งเร้าสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น ความคิด ความเชื่อ การกระทำ รูปร่างลักษณะของบุคคล สิ่งของ สถานที่ เป็นต้น รวมทั้งคุณธรรมจริยธรรมของบุคคล ซึ่งจะต้องอาศัยการสร้างและปลูกฝัง ลักษณะนิสัยให้เกิดขึ้นโดยเริ่มจากพฤติกรรมขั้นต้นไปยังพฤติกรรมขั้นสุดท้ายซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้น ตามหลักการของแครทวอลและคณะ (Krathwohl. et al) ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นรับรู้ (Receiving or attending) หมายถึง ความสามารถในการรับรู้ สิ่งต่างๆ ของสิ่งเร้า ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อรู้สึกว่ามีสิ่งเร้ามากระตุ้นให้แสดงพฤติกรรมและเริ่มทำความรู้จัก กับสิ่งเร้านั้น นั่นคือเริ่มสนใจ ตระหนัก เต็มใจ และตั้งใจในการรับรู้ในสิ่งนั้นๆ สิ่งเร้าที่มากระตุ้น เช่น การเรียนการสอน เป็นต้น ซึ่งการรับรู้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นย่อย ได้แก่ ขั้นย่อยที่ 1 ทำความรู้จัก (Awareness) ขั้นย่อยที่ 2 เต็มใจที่จะรับรู้ (Willing to receive) ขั้นย่อยที่ 3 เลือกรับสิ่งเร้าที่ต้องการ (Controlled or selected attention)

ขั้นที่ 2 ขั้นตอบสนอง (Responding) หมายถึง ความสามารถในการแสดงอาการ ตอบสนองต่อสิ่งเร้าด้วยความสนใจอย่างเต็มที่ ยินยอมหรือยอมรับ เต็มใจและพึงพอใจที่จะตอบสนอง หรือปฏิบัติตาม ซึ่งการตอบสนองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นย่อย ได้แก่ ขั้นย่อยที่ 1 ยินยอมที่จะตอบสนอง (Acquiescence in responding) ขั้นย่อยที่ 2 เต็มใจที่จะตอบสนอง (Willingness to response) ขั้นย่อยที่ 3 พึงพอใจในการตอบสนอง (Satisfaction in response)

ขั้นที่ 3 ขั้นรู้คุณค่าและเกิดค่านิยม (Valuing) หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจ และประเมินคุณค่าจากการตอบสนอง จากการแสดง หรือจากความคิดในลักษณะของการยอมรับ ให้ความสำคัญ พึงพอใจ เลื่อมใส และเห็นคุณค่า ซึ่งการรู้คุณค่าและเกิดค่านิยมแบ่งออกเป็น 3 ขั้นย่อย ได้แก่ ขั้นย่อยที่ 1 ยอมรับในคุณค่า (Acceptance of value) ขั้นย่อยที่ 2 ชื่นชอบในคุณค่า (Preference for a value) ขั้นย่อยที่ 3 สร้างคุณค่า (Commitment or conviction)

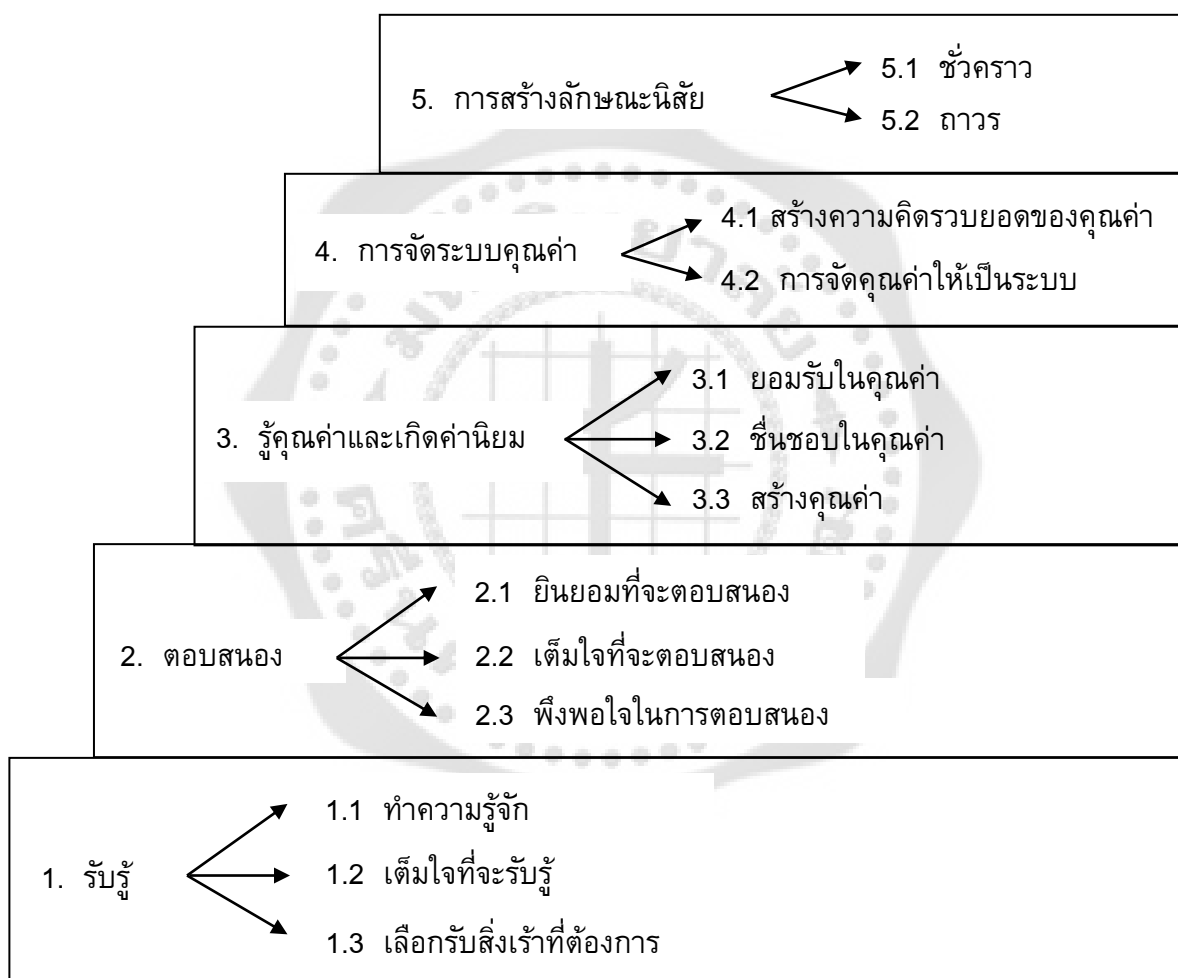
ขั้นที่ 4 ขั้นจัดระบบคุณค่า (Organization) หมายถึง ความสามารถในการ นำเอาคุณค่าของพฤติกรรมที่ตนเองตอบสนองต่อสิ่งต่างๆ หลายๆ คุณค่าที่มีความสัมพันธ์กัน มาเรียบเรียงเป็นระบบคุณค่า เพื่อสร้างเป็นค่านิยมหรือความเชื่อเฉพาะบุคคลสำหรับยึดเป็นแนวทาง ในการปฏิบัติต่อไป ซึ่งการจัดระบบคุณค่าแบ่งออกเป็น 2 ขั้นย่อย ได้แก่ ขั้นย่อยที่ 1 การสร้างความคิดรวบยอดของคุณค่า (Conceptualization of a value) ขั้นย่อยที่ 2 การจัดคุณค่า ให้เป็นระบบ (Organization of a value system)

ขั้นที่ 5 สร้างคุณลักษณะนิสัย (Characterization by a value complex) หมายถึง ความสามารถในการนำเอาระบบคุณค่าที่สร้างเป็นค่านิยมมาผสมผสานกับบุคลิกภาพ ปรัชญาชีวิต และปรับเป็นพฤติกรรมของตนเองที่ปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอจนเป็นนิสัยประจำตัว ซึ่งการสร้างคุณลักษณะนิสัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นย่อย ได้แก่ ขั้นย่อยที่ 1 การสร้างคุณลักษณะนิสัย ชั่วคราว (Generalized set) ขั้นย่อยที่ 2 การสร้างคุณลักษณะนิสัยถาวร (Characterization)

โดยสรุปแล้วพฤติกรรมด้านจิตพิสัยเป็นพฤติกรรมการแสดงออกทางด้านอารมณ์

จิตใจที่แบ่งออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นรับรู้ ชั้นตอบสนอง ชั้นรู้คุณค่าและเกิดค่านิยม ชั้นจัดระบบคุณค่า และชั้นสร้างคุณลักษณะนิสัย (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 37-39; เยาวดี รามชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 192; รัตรี นันทสुकนธ์. 2555: 37-39; เอมอร จังศิริพรปกรณ. 2546: 146; Krathwohl; Bloom; & Masia. 1964: 95-185; Reynolds; Livingston; & Willson. 2010: 175; Sax. 1989: 74-77)

จากการที่ได้อธิบายรายละเอียดของพฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective domain) ไปแล้วข้างต้น สามารถสร้างลำดับขั้นของพฤติกรรมด้านจิตพิสัยได้ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ลำดับขั้นของพฤติกรรมด้านจิตพิสัย

ที่มา: พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2555). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. หน้า 40

การวัดและประเมินผลพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการวัดและประเมินผลพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยและด้านทักษะพิสัย เนื่องจากการวัดและประเมินผล

พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยจะช่วยให้พัฒนาด้านคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเป็นพลเมืองดีและสามารถอยู่ในสังคมได้อย่างสงบสุข (ราตรี นันทสุคนธ์. 2555: 37)

1.3.3 พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain)

หมายถึง พฤติกรรมของนักเรียนที่ปรากฏออกมาให้เห็นจากการลงมือกระทำ หรือลงมือปฏิบัติโดยการเคลื่อนไหวและใช้กล้ามเนื้อของร่างกาย เช่น กิน เดิน พุด เต้น เป็นต้น แบ่งออกเป็น 6 ชั้น ตามหลักการของฮาร์โรว์ (Harrow) ได้แก่

ชั้นที่ 1 การเคลื่อนไหวแบบสะท้อนกลับ (Reflex movements) หมายถึง การเคลื่อนไหวอย่างไม่ได้ตั้งใจหรือเคลื่อนไหวอย่างอัตโนมัติ เป็นพฤติกรรมที่มีการตอบสนอง มาตั้งแต่เกิด แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับไขสันหลังส่วนเดียว (Segmental reflexes) การเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับไขสันหลังมากกว่าหนึ่งส่วน (Intersegmental reflexes) การเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับสมองและไขสันหลัง (Suprasegmental reflexes)

ชั้นที่ 2 การเคลื่อนไหวขั้นพื้นฐาน (Basic fundamental movements) หมายถึง การเคลื่อนไหวตามธรรมชาติที่มีความซับซ้อนมากขึ้นหรือมีทักษะในการเคลื่อนไหว แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การเคลื่อนไหวจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง (Locomotor movement) เช่น การวิ่ง การเดิน การกระโดด เป็นต้น การเคลื่อนไหวอยู่กับที่ (Nonlocomotor movement) เช่น การแกว่งแขน-ขา รอบๆ ตัว เป็นต้น การเคลื่อนไหวเชิงบังคับ (Manipulative movements) เป็นการเคลื่อนไหวโดยการประสานงานกันของแขนขา เช่น การเล่นเปียโน เป็นต้น

ชั้นที่ 3 ความสามารถในการรับรู้ (Perceptual Abilities) หมายถึง การเคลื่อนไหว ที่สัมพันธ์กับสมอง โดยบุคคลจะส่งสัญญาณไปยังสมองเพื่อแปลความหมาย และสมองส่งสัญญาณ กลับมาเพื่อให้ร่างกายได้เคลื่อนไหว แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ การรับรู้ความแตกต่าง จากการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Kinesthetic discrimination) การรับรู้ความแตกต่างจากการมองเห็น (Visual discrimination) การรับรู้ความแตกต่างจากการได้ยิน (Auditory discrimination) การรับรู้ ความแตกต่างจากการสัมผัส (Tactile discrimination) และการรับรู้โดยใช้ความสามารถต่างๆ ร่วมกัน (Coordinated abilities)

ชั้นที่ 4 ความสามารถทางกายภาพ (Physical abilities) หมายถึง ลักษณะ ร่างกายของบุคคล ซึ่งมีการพัฒนาคุณสมบัติให้เคลื่อนไหวได้อย่างราบเรียบและมีประสิทธิภาพ โดยความสามารถทางกายภาพนี้เป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาทักษะการเคลื่อนไหวขั้นสูง แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ความทนทาน (Endurance) ความแข็งแรง (Strength) ความยืดหยุ่น (Flexibility) และความว่องไว (Agility)

ชั้นที่ 5 การเคลื่อนไหวอย่างมีทักษะ (Skilled Movements) หมายถึง การเคลื่อนไหว ที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ทักษะการปรับตัว ในการเคลื่อนไหวอย่างง่าย (Simple adaptive skills) ทักษะการปรับตัวในการเคลื่อนไหวที่มีหลายทักษะ ร่วมกัน (Compound adaptive skills) และทักษะการปรับตัวในการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน (Complex adaptive skills)

ขั้นที่ 6 การสื่อสารที่ต้องใช้ทักษะระดับสูงในการแสดงออก (Nondiscursive Communication) หมายถึง ความสามารถในการสื่อสารโดยใช้การเคลื่อนไหว แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การเคลื่อนไหวโดยการแสดงออก (Expressive movement) เป็นการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน เช่น การแสดงออกด้วยท่าทาง การแสดงออกด้วยสีหน้า เป็นต้น และการเคลื่อนไหวเชิงตีความ (Interpretive movement) เป็นการเคลื่อนไหวอย่างมีศิลปะ มีสุนทรียะ มีความคิดสร้างสรรค์

โดยสรุปแล้วพฤติกรรมทางด้านทักษะพิสัยจึงเป็นพฤติกรรมการแสดงออกทางด้านการปฏิบัติและการใช้กล้ามเนื้อที่แบ่งออกเป็น 6 ชั้น ได้แก่ ชั้นการเคลื่อนไหวแบบสะท้อนกลับ ชั้นการเคลื่อนไหวขั้นพื้นฐาน ชั้นความสามารถในการรับรู้ ชั้นความสามารถทางกายภาพ ชั้นการเคลื่อนไหวอย่างมีทักษะ และชั้นการสื่อสารที่ต้องใช้ทักษะระดับสูงในการแสดงออก (เยาเวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 192-194; Kubiszyn; & Borich. 1993: 65; Reynolds; Livingston; & Willson. 2010: 176; Sax. 1989: 79. All editors; citing Harrow, A. J. 1972. *A Taxonomy of the Psychomotor Domain*.)

1.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1.4.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีอยู่หลายคำซึ่งแต่ละคำมีความหมายใกล้เคียงกันและรวมอยู่ในกระบวนการเดียวกัน ดังนั้นจึงมีผู้ที่เข้าใจสับสนและใช้แทนกันอยู่เสมอ (ชาลิต ชูกำแพง. 2550: 18; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 7; เยาเวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 2; Gronlund; & Linn. 1990: 5; Sax. 1989: 14) ได้แก่ การวัด (Measurement), การทดสอบ (Testing) และการประเมินผล (Evaluation) ซึ่งมีผู้ให้คำจำกัดความของคำต่างๆ เหล่านี้ไว้ดังนี้

1.4.1.1 การวัด (Measurement)

หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการกำหนดตัวเลข จำนวน หรือสัญลักษณ์ที่มีความหมายให้กับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ต้องการวัด ไม่ว่าจะเป็นบุคคล สิ่งของ เหตุการณ์ พฤติกรรม คุณลักษณะ ลักษณะนิสัย ตามกฎเกณฑ์เฉพาะที่กำหนดไว้ โดยอาศัยเครื่องมือวัดต่างๆ ซึ่งตัวเลขจำนวน หรือสัญลักษณ์ที่ได้นั้นจะแทนปริมาณ ระดับ ขนาด คุณสมบัติ ลักษณะหรือพฤติกรรมของสิ่งที่ต้องการวัด เช่น วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้เครื่องมือวัดคือ แบบทดสอบ โดยเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ นักเรียนตอบถูกจึงจะนับคะแนน เป็นต้น (ชาลิต ชูกำแพง. 2550: 18; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 3; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 1; สมบูรณ์ ตันยะ. 2545: 10; สุมาลี จันทรชลอ. 2542?: 6-7; Ebel; & Frisbie. 1986: 14; Gay. 1991: 38; Gronlund; & Linn. 1990: 5; Reynolds; Livingston; & Willson. 2010: 3; Sax. 1989: 14)

1.4.1.1.1 ประเภทของการวัด แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.4.1.1.1.1 การวัดทางวิทยาศาสตร์หรือการวัดทางตรง (Direct measurement) เป็นการวัดหรือหาปริมาณของสิ่งที่เป็นรูปธรรมดังนั้นจึงสามารถวัดได้โดยตรง เช่น การวัดความยาวของแผ่นไม้โดยใช้ไม้บรรทัดและแสดงค่าปริมาณออกมาในรูปของตัวเลขที่มีหน่วย เช่น นิ้ว เป็นต้น โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดทางวิทยาศาสตร์นี้มักมีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูง

1.4.1.1.2 การวัดทางสังคมศาสตร์หรือการวัดทางอ้อม (Indirect measurement) เป็นการวัดหรือหาปริมาณของสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือลักษณะภายในของมนุษย์ เช่น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวัดเจตคติ การวัดความถนัด เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมีความเที่ยงตรงและความแม่นยำน้อยกว่าการวัดทางวิทยาศาสตร์เนื่องจากไม่สามารถใช้เครื่องมือวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้โดยตรง ผลการวัดต้องผ่านกระบวนการของสมองในการแปลผล จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดผลได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดเกณฑ์หรือนิยามคุณลักษณะให้เป็นพฤติกรรมที่วัดได้เสียก่อน เช่น การวัดความรับผิดชอบของนักเรียน อาจนิยามเป็นพฤติกรรมที่วัดได้ เช่น ไม่มาโรงเรียนสาย ทำงานส่งตามกำหนด เป็นต้น ซึ่งในการนิยามความหมายนี้มีความสำคัญมาก ถ้านิยามไม่ถูกต้อง การสร้างเครื่องมือวัดผล ก็จะไม่มีความคุณภาพและวัดผลได้ไม่ตรงกับลักษณะหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด

โดยสรุปแล้วการวัดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การวัดทางตรง และการวัดทางอ้อม (ทิวต์ มณีโชติ. 2549: 3; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 4; ราตรี นันทสุคนธ์. 2555: 12; ล้วน; และ อังคณา สายยศ. 2543: 11; Micheels; & Kanen. 1950: 11-13)

1.4.1.2 การทดสอบ (Testing)

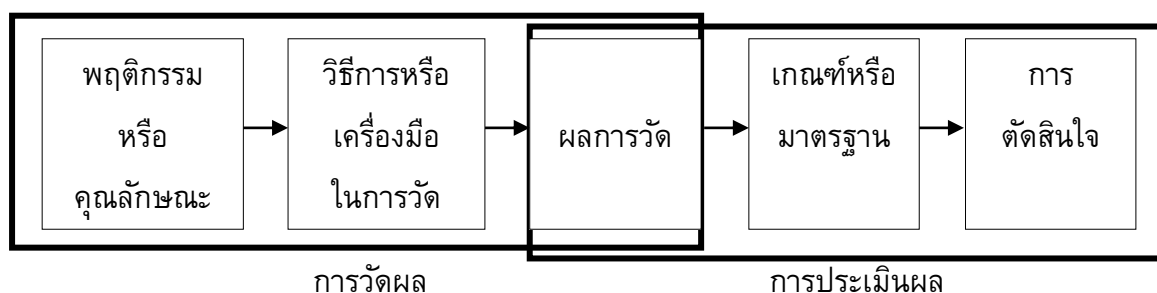
เป็นการวัดชนิดหนึ่งที่ใช้แบบทดสอบ (Test) หรือชุดคำถาม (Set of questions) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (Paper and pencil test) ที่สร้างขึ้นอย่างเป็นกระบวนการ มีระบบ และมีมาตรฐาน เป็นเครื่องมือในการวัดและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะของสิ่งที่ต้องการวัดหรือคุณลักษณะของนักเรียน โดยให้นักเรียนหรือผู้ทดสอบตอบสนองข้อสอบ (Items) เกี่ยวกับคุณลักษณะที่ต้องการวัดออกมา (ชาลิต ชูกำแพง. 2550: 18; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 2; เยาวดี รวงชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 2; ล้วน; และ อังคณา สายยศ. 2543: 14; Airasian. 2000: 10; Sax. 1989: 18)

ซึ่งแบบทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบวัดความถนัด และแบบทดสอบวัดบุคลิกภาพ (พิชิต ฤทธิ์ จรูญ. 2555: 61-62; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 63-64; สมบูรณ์ ดันยะ. 2545: 139-140)

1.4.1.3 การประเมินผล (Evaluation)

สตฟเฟิลบีม (Stufflebeam. 1971: xxv) และเกย์ (Gay. 1991: 38) ได้ให้ความหมายของการประเมินผลอย่างกว้างไว้ว่า เป็นกระบวนการรวบรวมและเตรียมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการตัดสินใจทางเลือกที่เป็นไปได้ ซึ่งเป็นความหมายที่มีความสอดคล้องและรวมการวัดผลและการทดสอบไว้ด้วย สำหรับในความหมายที่แคบลง การประเมิน หมายถึง การนำข้อมูล ตัวเลข หรือสัญลักษณ์ที่ได้จากการวัดผลของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่ง มาตัดสินใจ ตัดสินคุณค่า ตัดสินคุณภาพ ตัดสินความสำคัญ ประเมินค่า วินิจฉัย หรือหาข้อสรุปเกี่ยวกับคุณลักษณะของสิ่งนั้นอย่างมีเหตุผล โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หรือเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นๆ เช่น การตัดสินใจว่าอะไรดี/ไม่ดี เป็นต้น (ทิวต์ มณีโชติ. 2549: 6; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 5; พิสนุ พงศ์ศรี. 2550: 2; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 9; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 3; Airasian. 2000: 10; Cambridge University Press. 2013: Online;

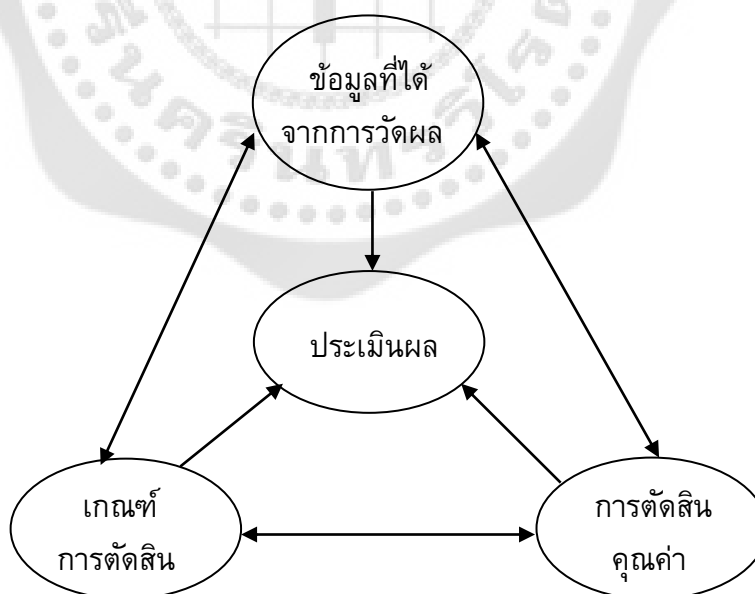
Gay. 1991: 38) ดังนั้นการประเมินผลจึงเป็นขั้นตอนที่มีความต่อเนื่องจากการวัดผล ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดผลและการประเมินผล

ที่มา: สมบูรณ์ ดันยะ. (2545). *การประเมินทางการศึกษา*. หน้า 12

ทั้งนี้การประเมินผลมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากการวัดผล เกณฑ์การตัดสินใจ และการตัดสินใจคุณค่าหรือการตัดสินใจ (พิชิต ฤทธิ์จัญญ. 2555: 5; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 10; สมบูรณ์ ดันยะ. 2545: 11) โดยองค์ประกอบทั้ง 3 มีความสัมพันธ์กัน ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 องค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของกระบวนการประเมินผล

ที่มา: ภัทรา นิคมานนท์. (2540). *การประเมินผลการเรียน*. หน้า 10

ทั้งนี้หากข้อมูลที่ได้จากการวัดผลเป็นข้อมูลเดียวกันแต่ใช้เกณฑ์ในการตัดสินต่างกัน การตัดสินคุณค่าของสิ่งที่วัดผลย่อมแตกต่างกันด้วย (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 6)

1.4.2 วัดคุณสมบัติของการวัดและประเมินผล

ในการวัดและประเมินผลทุกครั้งจำเป็นต้องกำหนดวัตถุประสงค์ในการวัดและประเมินผลอย่างชัดเจน เพื่อใช้ในการกำหนดเนื้อหาหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด รวมทั้งเพื่อกำหนดเครื่องมือวัดและประเมินผลได้อย่างเหมาะสม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 3) ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสังเคราะห์วัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผลได้ 12 วัตถุประสงค์ ได้แก่

1.4.2.1 การวัดและประเมินผลเพื่อคัดเลือก (Measurement and evaluation for selection) เป็นการวัดและการประเมินผลเพื่อคัดเลือกกว่าบุคคลใดจะได้รับการคัดเลือก และบุคคลใดจะไม่ได้รับการคัดเลือก ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผลที่จัดโดยสถาบันต่างๆ เช่น โรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัย เป็นต้น สำหรับวิธีการวัดจะมีหลายวิธี เช่น การวัดความรู้ การวัดความถนัด การสัมภาษณ์ ดูจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การใช้แบบทดสอบเชิงพยากรณ์ เป็นต้น ทั้งนี้ในการคัดเลือกนักเรียนเข้าเรียนในระดับชั้นอนุบาลจะใช้เพียงเกณฑ์อายุในการตัดสินใจคัดเลือกเท่านั้น

1.4.2.2 การวัดและประเมินผลเพื่อจัดอันดับหรือจัดตำแหน่ง (Measurement and evaluation for placement) เป็นการวัดและประเมินผลในแนวดิ่ง (Vertical) ในวิชาใดวิชาหนึ่งก่อนเรียน โดยส่วนมากจะใช้แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น เช่น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นต้น หรืออาจใช้วิธีการสัมภาษณ์ก็ได้ เพื่อให้ทราบว่านักเรียนมีความสามารถในการทำการวัดอยู่ในอันดับหรือตำแหน่งใดของกลุ่ม ดังนั้นการวัดและประเมินผลเพื่อจัดตำแหน่งนี้จึงไม่ใช้การวัดและประเมินผลในแนวนอน (Horizontal) ที่เป็นการเปรียบเทียบในหลักสูตรหรือวิชาที่แตกต่างกัน โดยการวัดและประเมินผลลักษณะนี้นิยมใช้ในการสอบแข่งขัน สอบชิงทุนการศึกษา

1.4.2.3 การวัดและประเมินผลเพื่อจัดกลุ่ม (Measurement and evaluation for classification) เป็นการวัดและประเมินผลเพื่อจัดกลุ่มนักเรียนให้เข้าเรียนในหลักสูตรที่เหมาะสมที่สุดตามความถนัดและความสนใจ เพื่อให้ให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้มากที่สุด ซึ่งการวัดจะวัดทั้งความถนัด ความสนใจ เจตคติ บุคลิกภาพ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แบบทดสอบมาตรฐานที่สามารถวัดความรู้ของนักเรียนในหัวข้อที่หลากหลายในเวลาเดียวกัน

1.4.2.4 การวัดและประเมินผลเพื่อวินิจฉัย (Measurement and evaluation for diagnosis) เป็นการวัดและประเมินผลเฉพาะเรื่องหรือเฉพาะบท เพื่อค้นหาว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาใด หรือไม่เข้าใจและมีจุดบกพร่องในเนื้อหาใด รวมทั้งสาเหตุของจุดบกพร่องนั้นๆ เพื่อที่ครูผู้สอนจะได้สอนซ่อมเสริมหรือทบทวนในเนื้อหานั้นๆ เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องของนักเรียน ซึ่งนอกจากการวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนแล้วยังสามารถวินิจฉัยการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูผู้สอนได้ว่ามีจุดบกพร่องอย่างไรบ้าง และควรปรับปรุงอย่างไรให้มีความเหมาะสมกับความต้องการของนักเรียน ทั้งยังสามารถวินิจฉัยเครื่องมือวัดผลหรือแบบทดสอบได้อีกด้วย

ว่ามีความยากง่ายเพียงใดโดยพิจารณาจากคำตอบของนักเรียน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวินิจฉัย เช่น แบบทดสอบวินิจฉัย (Diagnostic test) แบบทดสอบวัดการเรียนรู้ (Mastery test) เป็นต้น ซึ่งจะต้องสร้างมาจากพื้นฐานแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่พบได้บ่อยๆ ในเนื้อหาที่ทำการทดสอบ วินิจฉัย และข้อสอบจะมีลักษณะของคำถามค่อนข้างง่าย

1.4.2.5 การวัดและประเมินผลเพื่อเป็นผลย้อนกลับ (Measurement and evaluation for feedback) เป็นการวัดและประเมินผลหลังจากจบการจัดกระบวนการเรียนรู้แล้ว เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินผลซึ่งไม่ใช่เกรดมาแจ้งให้นักเรียนทราบว่าตนเองมีผลการเรียนเป็นอย่างไร เพื่อที่จะได้ปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง รวมทั้งแจ้งให้ผู้ปกครองและฝ่ายบริหารทราบถึงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลสำหรับการตรวจสอบการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน ทั้งในด้านความเหมาะสมของเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ สื่ออุปกรณ์ และเนื้อหา เพื่อที่จะได้ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

1.4.2.6 การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน (Formative measurement and evaluation) บางครั้งอาจเรียกว่า การวัดและประเมินผลย่อย เป็นการวัดและประเมินผลระหว่างเรียน หรือเมื่อจบเนื้อหาย่อยๆ เพื่อให้ครูผู้สอนทราบว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในระหว่างการจัดกระบวนการเรียนรู้หรือไม่ มีความก้าวหน้าอย่างไร มีเนื้อหาใดที่ต้องปรับปรุง รวมทั้งยังช่วยให้ทราบว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูผู้สอนเองว่าเป็นอย่างไร มีข้อบกพร่องอย่างไร เพื่อที่จะได้ปรับปรุงการจัดการกระบวนการเรียนรู้ในครั้งต่อไปให้มีความเหมาะสม รวมทั้งใช้สื่อ วัสดุ อุปกรณ์แบบใหม่ที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ นอกจากนี้แล้วยังทำให้นักเรียนทราบสถานภาพทางการเรียนของตนเองว่าเป็นอย่างไร หากไม่อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจจะได้ปรับปรุง การเรียนรู้ของตนเองให้ดีขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำผลการประเมินไปปรับปรุงหลักสูตรของสถานศึกษา ได้อีกด้วย ดังนั้นการวัดและประเมินผลระหว่างเรียนจึงมีความสัมพันธ์กับการวัดและประเมินผล เพื่อเป็นผลย้อนกลับ การวัดและประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบระดับพัฒนาการ และการวัดและประเมินผล เพื่อวินิจฉัย ทั้งนี้ผลที่ได้จากการวัดและประเมินผลมักไม่นำมาใช้ในการตัดสินเกรดหรือตัดสิน ผลการเรียนรู้

1.4.2.7 การวัดและประเมินผลเพื่อประเมินผลรวม (Summative measurement and evaluation) ในบางครั้งอาจเรียกว่า การวัดและประเมินผลเพื่อประเมินค่า เป็นการวัด และประเมินผลหลังจากจบกระบวนการจัดการเรียนรู้แล้ว โดยใช้แบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย ในช่วงกว้าง กล่าวคือ มีทั้งข้อสอบที่ง่ายและข้อสอบที่ยาก เพื่อตัดสินคุณภาพการศึกษาในภาพรวม ทั้งความสามารถของนักเรียนว่านักเรียนควรได้รับเกรดเท่าไร สอบผ่านหรือไม่ผ่าน ซึ่งสามารถ ประเมินผลได้ทั้งแบบอิงเกณฑ์และอิงกลุ่มขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งประเมิน ประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ การจัดการศึกษา หลักสูตรที่ใช้ การบริหารงานของผู้บริหาร วิทยาลัย โรงเรียน ความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด ซึ่งการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ลักษณะนี้ จะมีประโยชน์สำหรับผู้บริหารในการวางแผนการศึกษาเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการจัดการศึกษาให้มี ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.4.2.8 การวัดและประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบระดับพัฒนาการ (Measurement and evaluation for development) เป็นการวัดและประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคลในช่วงเวลาที่แตกต่างกันว่าเป็นอย่างไร มีผลการพัฒนาเพียงใด มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นหรือไม่ อย่างไร โดยไม่เปรียบเทียบกับนักเรียนคนอื่นๆ เช่น การเปรียบเทียบความรู้ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน เป็นต้น โดยใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกันหรือแบบทดสอบคู่ขนาน ซึ่งการวัดและประเมินผลลักษณะนี้จะส่งเสริมให้นักเรียนแข่งขันกับตัวเองมากกว่าแข่งขันกับผู้อื่น

1.4.2.9 การวัดและประเมินผลเพื่อพยากรณ์ (Prediction measurement and evaluation) เป็นการนำผลการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนไปพยากรณ์หรือทำนายผลการเรียนรู้ของนักเรียนในอนาคตว่านักเรียนจะเรียนได้สำเร็จหรือไม่ หรือพยากรณ์ว่าในอนาคตนักเรียนควรเลือกเรียนหรือเข้าศึกษาต่อในสาขาใด หรือประกอบอาชีพอะไร ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการแนะแนวการศึกษา เนื่องจากการวัดและประเมินผลการเรียนรู้จะช่วยให้ทราบว่านักเรียนมีความสามารถ ความถนัด หรือความสนใจในเรื่องใดเป็นพิเศษ ซึ่งแบบทดสอบที่นิยมใช้ในการวัดเพื่อพยากรณ์ คือ แบบทดสอบวัดความถนัด (Aptitude test) แบบทดสอบวัดเชาว์ปัญญา (Intelligence test) หรือแบบทดสอบคัดเลือกเพื่อศึกษาต่อ

1.4.2.10 การวัดและประเมินผลเพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียน (Measurement and evaluation for Motivating learning) เป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในระหว่างการจัดกระบวนการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนนำผลการทดสอบมาแจ้งให้นักเรียนทราบจะช่วยกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนให้มีการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม รวมทั้งถ้านักเรียนทราบลักษณะการวัดผลของครูผู้สอนแล้ว นักเรียนก็จะมุ่งเรียนตามลักษณะการวัดผลนั้นๆ ทั้งนี้ในการทดสอบนั้นจะมีผลกับนักเรียนทั้งทางบวกและทางลบ โดยผลทางลบคือ เมื่อนักเรียนทราบว่าจะมีการทดสอบ นักเรียนจะเกิดความกลัว ไม่มีความสุข คิดว่าจะถูกลงโทษ ดังนั้นในการทดสอบครูผู้สอนต้องไม่ทำการทดสอบในลักษณะที่มีการลงโทษนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเอาชนะความกลัวจากการทดสอบ และป้องกันความวิตกกังวลของนักเรียน

1.4.2.11 การวัดและประเมินผลเพื่อเป็นการเรียนรู้ (Measurement and evaluation for learning experience) การวัดและประเมินผลเพื่อเป็นการเรียนรู้จะถือว่าการวัดและประเมินผลเป็นการเรียนรู้วิธีหนึ่ง เนื่องจากก่อนทำการวัดผลหรือทดสอบนักเรียนจะต้องเตรียมตัวในการทดสอบโดยการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ทำความเข้าใจเนื้อหาทั้งหมดที่เรียนมาจึงเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ส่วนข้อสอบจะเป็นสถานการณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อให้นักเรียนตอบโดยใช้ความคิดและหาข้อสรุปของคำตอบที่ได้ ซึ่งการคิดนี้จะทำให้เกิดการเรียนรู้

1.4.2.12 การวัดและประเมินผลเพื่อรักษามาตรฐาน (Measurement and evaluation for maintaining standard) เป็นการวัดและประเมินเพื่อตรวจสอบคุณภาพนักเรียนก่อนจบการศึกษาว่าถึงเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดหรือไม่ นอกจากจะเป็นการรักษามาตรฐานแล้วยังช่วยปรับมาตรฐานให้มีความเหมาะสมกับยุคสมัยอีกด้วย

โดยสรุปแล้ววัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผลสามารถแบ่งได้ 12 วัตถุประสงค์ ได้แก่ การวัดและประเมินผลเพื่อคัดเลือก การวัดและประเมินผลเพื่อจัดอันดับหรือจัดตำแหน่ง การวัดและประเมินผลเพื่อจัดกลุ่ม การวัดและประเมินผลเพื่อวินิจฉัย การวัดและประเมินผลเพื่อเป็นผลย้อนกลับ การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน การวัดและประเมินผลเพื่อประเมินผลรวม การวัดและประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบระดับพัฒนาการ การวัดและประเมินผลเพื่อพยากรณ์ การวัดและประเมินผลเพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียน การวัดและประเมินผลเพื่อเป็นการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลเพื่อรักษามาตรฐาน (ทิวตต์ มณีโชติ. 2549: 9-10; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 17-18; ราตรี นันทสุนทร. 2555: 19-22; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 8-9; Gronlund; & Linn. 1990: 12-13; Sax. 1989: 24-30)

1.4.3 ระยะเวลาของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1.4.3.1 การวัดและประเมินผลก่อนเรียน (Pre-measurement and evaluation) มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความรู้และทักษะพื้นฐานของนักเรียนว่ามีความพร้อมในการเรียนรู้เนื้อหาในเรื่องต่อไปหรือไม่ ดังนั้นแบบทดสอบจึงเป็นแบบทดสอบที่ไม่ยากมากนัก มีการจำกัดเนื้อหาอยู่ในระดับพื้นฐาน และไม่ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement test) ทั้งนี้ถ้าพบว่านักเรียนยังไม่มีความพร้อมในการเรียนรู้ ครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องจัดการเรียนรู้เพื่อปรับพื้นฐานของนักเรียนจนกว่านักเรียนจะมีความรู้หรือทักษะพื้นฐานที่เพียงพอ นอกจากนี้ผลการวัดและประเมินผลก่อนเรียนสามารถใช้จัดตำแหน่งของนักเรียน ช่วยให้ครูวางแผนและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับสภาพของนักเรียน และนำผลการวัดไปเปรียบเทียบกับผลการวัดครั้งต่อไปซึ่งเป็นการประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนได้อีกด้วย

1.4.3.2 การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน (Formative measurement and evaluation) บางครั้งเรียกว่า การวัดและประเมินผลความก้าวหน้าหรือการวัดและประเมินผลย่อย เป็นการวัดความรู้หรือทักษะที่นักเรียนเรียนไปแล้วบางส่วน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจฉัยตรวจสอบกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ มีจุดบกพร่องหรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ อย่างไร มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้น้อยเพียงใด หากพบว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์หรือมีจุดบกพร่องในการเรียนรู้ ครูผู้สอนก็จำเป็นต้องจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมให้แก่นักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์ และแก้ไขจุดบกพร่องหรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน รวมทั้งปรับปรุงการจัดกระบวนการเรียนรู้ในครั้งต่อไปให้มีความเหมาะสมกับนักเรียน ทั้งนี้ลักษณะของแบบทดสอบจะมีหลายลักษณะผสมกัน และจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่สำคัญ

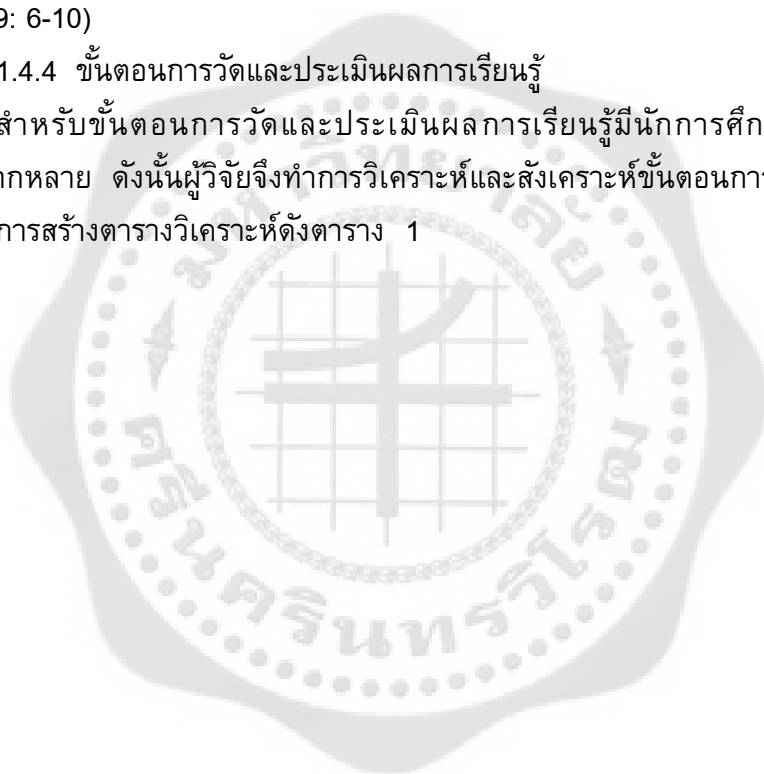
1.4.3.3 การวัดและประเมินผลสรุป (Summative measurement and evaluation) เป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้หลังการจัดกระบวนการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตัดสินผลการเรียนรู้โดยรวมของนักเรียนว่าเรียนได้ประสบความสำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์ทั้งหมดหรือไม่ สอบผ่านหรือไม่ผ่าน ควรได้เกรดอะไร เป็นต้น และตัดสินว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเพียงพอที่จะเรียนในเนื้อหาหรือหลักสูตรต่อไปหรือไม่ เพื่อพยากรณ์ผลสำเร็จของนักเรียน

ในการเรียนเนื้อหาหรือหลักสูตรต่อไป รวมทั้งยังประเมินประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมได้ด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติมักเป็นการสอบกลางภาคหรือปลายภาค โดยใช้แบบทดสอบที่มีความยากง่ายอยู่ในช่วงกว้าง ทั้งนี้ในการวัดและประเมินผลสรุปนี้ควรวัดและประเมินผลให้ครอบคลุมทุกเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ แต่ถ้าไม่สามารถทำได้เนื่องจากข้อจำกัดของเวลาในการทดสอบ ก็ควรเลือกเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญมาทำการวัดและประเมินผลแทน

โดยสรุปแล้วระยะเวลาของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ การวัดและประเมินผลก่อนเรียน การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน และการวัดและประเมินผลสรุป (พิชิต ฤทธิ์จัญญ. 2555: 14; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 15-17; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 7; สุมาลี จันทรชลอ. 2542?: 21-23; Gronlund; & Linn. 1990: 110-112; Gronlund; & Waugh. 2009: 6-10)

1.4.4 ขั้นตอนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

สำหรับขั้นตอนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีนักการศึกษาหลายท่านระบุขั้นตอนไว้หลากหลาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ขั้นตอนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยการสร้างตารางวิเคราะห์ดังตาราง 1



ตาราง 1 วิเคราะห์ขั้นตอนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ขั้นตอนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	พิชิต ฤทธิ์จัญญ	พิสนุ พงษ์ศรี	ราตรี นันทสุนันท์	Gronlund; & Linn	Hopkins; & Antes
1. ศึกษา วิเคราะห์สิ่งที่วัดและประเมินผล		/			
2. ศึกษารูปแบบ แนวทาง ข้อกำหนดของการวัดและประเมินผล		/			
3. กำหนดวัตถุประสงค์การวัดและประเมินผล	/	/	/	/	/
4. กำหนดขอบเขตการวัดและประเมินผล		/	/		
5. พัฒนาตัวชี้วัด และกำหนดเกณฑ์ คำนวณน้ำหนักของตัวชี้วัด		/			
6. กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	/				
7. สร้างตารางวิเคราะห์ ออกแบบการวัดและประเมินผลหรือกำหนด กรอบแนวคิด		/	/	/	
8. เลือกใช้หรือสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้	/	/	/	/	/
9. รวบรวมแบบทดสอบ				/	
10. ทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล	/			/	/
11. จัดกระทำข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล	/	/		/	
12. ตัดสินผลการเรียนรู้และเขียนรายงานผลการประเมิน	/	/		/	/

จากตาราง 1 สามารถสรุปขั้นตอนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ได้ดังนี้

- 1.4.4.1 ศึกษา วิเคราะห์สิ่งที่วัดและประเมินผล
- 1.4.4.2 ศึกษา รูปแบบ แนวทาง ข้อกำหนดของการวัดและประเมินผล
- 1.4.4.3 กำหนดวัตถุประสงค์การวัดและประเมินผล
- 1.4.4.4 กำหนดขอบเขตการวัดและประเมินผล
- 1.4.4.5 พัฒนาตัวชี้วัด และกำหนดเกณฑ์ คำนวณน้ำหนักของตัวชี้วัด
- 1.4.4.6 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1.4.4.7 สร้างตารางวิเคราะห์ ออกแบบการวัดและประเมินผลหรือกำหนดกรอบแนวคิด
- 1.4.4.8 เลือกใช้หรือสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้
- 1.4.4.9 รวบรวมแบบทดสอบ
- 1.4.4.10 ทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 1.4.4.11 จัดทำข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล
- 1.4.4.12 ตัดสินผลการเรียนรู้และเขียนรายงานผลการประเมิน

ดังนั้นจากการทบทวนวรรณกรรมและวิเคราะห์-สังเคราะห์ขั้นตอนการวัดและประเมินผล สามารถระบุขั้นตอนการวัดและประเมินผลได้ 12 ขั้นตอน (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 18-20; พิสนุ พองศรี. 2550: 18-25; ราตรี นันทสุนกนธ์. 2555: 5; Gronlund; & Linn. 1990: 110; Hopkins; & Antes. 1990: 29)

1.4.5 การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยแบบทดสอบ

1.4.5.1 ความหมายของแบบทดสอบ

แบบทดสอบ (Test) คือ งาน (Task) ชุดของงาน (Series of tasks) คำถาม (Question) ชุดคำถาม (Set of questions) หรือข้อกระทบ (Items) ที่มีมาตรฐาน เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นอย่างมีระบบ ทั้งระบบด้านเนื้อหา ระบบในการดำเนินการสอบ และระบบ การให้คะแนน เพื่อชักนำให้นักเรียนหรือผู้ทดสอบตอบสนองเกี่ยวกับคุณลักษณะหรือพฤติกรรม ที่ต้องการวัดที่สามารถสังเกตและวัดได้ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 61; เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 2, 4; ล้วน; และ อังคณา สายยศ. 2543: 14; Gronlund; & Linn. 1990: 5; Sax. 1989: 18)

ซึ่งแบบทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement test) แบบทดสอบวัดความถนัด (aptitude test) และแบบทดสอบวัดบุคลิกภาพ (Personal and social test) สำหรับในงานวิจัยนี้จะทำการสร้าง แบบทดสอบวินิจฉัยซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดหนึ่ง (บุญชม ศรีสะอาด. 2540: 27; เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 21) ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอกล่าวถึงเฉพาะแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังนี้

1.4.5.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพทางด้านสมอง ได้แก่ ความรู้ หรือทักษะความสามารถทางด้านวิชาการในเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่งกับนักเรียนรายบุคคล โดยเฉพาะ

นักเรียนที่ได้เรียนรู้เนื้อหาที่ต้องการทำการวัดมาแล้วจากการจัดกระบวนการเรียนรู้ว่าบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ เพียงใด นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลักสูตรต่างๆ ได้อีกด้วย (สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 63, 73; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 62; พิชิต ฤทธิ์จัญญ. 2555: 96; สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์; และเตือนใจ เกตุษา. 2551: 64; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 141; Micheels; & Kanes. 1950: 24; Gay. 1991: 117) ทั้งนี้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.4.5.2.1 แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized test) หมายถึง แบบทดสอบที่มีเนื้อหาและทักษะอย่างกว้างๆ และหลากหลายตามที่ได้กำหนดไว้ในหลักสูตร เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งประเทศ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของนักเรียนต่างกลุ่มกัน เช่น กลุ่มนักเรียนที่มีความแตกต่างทางด้านการศึกษา กลุ่มนักเรียนที่มีความแตกต่างทางด้านภูมิศาสตร์ของที่อยู่อาศัย เป็นต้น โดยแบบทดสอบมาตรฐานนี้จะสร้างขึ้นอย่างเป็นระบบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนโดยบุคคลหลายฝ่ายทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องเฉพาะด้าน ผู้เชี่ยวชาญในหลักสูตร นักจิตวิทยา นักสถิติ และครูผู้สอน ที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับแบบทดสอบ รวมทั้งมีการวิเคราะห์ ปรับปรุง และหาคุณภาพของแบบทดสอบหลายครั้งจนมีคุณภาพสูงทั้งความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเชื่อมั่น ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อ ดังนั้นแบบทดสอบจึงมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปทดสอบนักเรียนได้อย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ยังมีการสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบซึ่งประกอบด้วย จุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ วิธีดำเนินการสอบ วิธีการใช้แบบทดสอบ การกำหนดเวลาสอบ ประสิทธิภาพของแบบทดสอบ วิธีการตรวจให้คะแนน เป็นต้น

1.4.5.2.2 แบบทดสอบที่ครูสร้าง (Teacher made test) หมายถึง แบบทดสอบที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นเองเป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนการสอนโดยเฉพาะ มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความก้าวหน้าทางการเรียน จุดบกพร่องในการเรียนของนักเรียนเฉพาะกลุ่มหรือห้องเรียนที่ครูผู้สอนสอนหรืออาจใช้ภายในโรงเรียน ทั้งนี้เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบนั้นจะเป็นเนื้อหาเฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ทำกรจัดการเรียนรู้ และในการสอบแต่ละครั้งหรือแต่ละภาคเรียนครูผู้สอนจำเป็นต้องสร้างแบบทดสอบฉบับใหม่ขึ้นมาเสมอ ทั้งนี้แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นนั้นมีข้อดีคือ สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ แต่ก็มีข้อด้อยคือ ไม่ค่อยมีการทดลองใช้เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำมาใช้ทดสอบจริง ดังนั้นจึงไม่อาจรับรองคุณภาพของแบบทดสอบได้ แต่ทั้งนี้การที่แบบทดสอบจะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับทักษะ ความรู้ และประสบการณ์ในการสร้างแบบทดสอบของครูผู้สอน ซึ่งแบบทดสอบที่ครูสร้างนั้นมักมีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน (Paper and pencil test) โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ แบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียง (Subjective or essay test) และแบบทดสอบปรนัยหรือแบบทดสอบตอบสั้นๆ (Objective test or short answer) ซึ่งแบบทดสอบปรนัยมี 4 แบบ ได้แก่ แบบทดสอบเติมคำ (Completion) แบบทดสอบถูก-ผิด (True-false) แบบทดสอบจับคู่ (Matching) และแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice)

โดยสรุปแล้วแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบมาตรฐานและแบบทดสอบที่ครูสร้าง (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 61-62, 96, ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 62; เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรีย์. 2552: 23-25; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 63, 73-82; สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์; และเตือนใจ เกตุษา. 2551: 64-65; Karmel, Louis J.; & Karmel, Marylin O. 1978: 260; Sax. 1989: 19)

โดยแบบทดสอบที่นิยมสร้างและใช้อย่างกว้างขวางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice) (บุญชม ศรีสะอาด. 2540: 26; ราตรี นันทสุคนธ์. 2555: 128; Airasian. 2000: 108; Musial; et al. 2009: 119; Reynolds; Livingston; & Willson. 2010: 196)

1.4.5.3 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

1.4.5.3.1 ความหมายของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

แบบทดสอบแบบเลือกตอบเป็นแบบทดสอบที่พัฒนามาจากแบบทดสอบอัตนัยและแบบทดสอบเติมคำ ซึ่งนิยมใช้กันมากในปัจจุบันโดยเฉพาะแบบทดสอบมาตรฐานแบบทดสอบแบบเลือกตอบจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 จะเป็นส่วนนำหรือส่วนของคำถาม (Stem) ซึ่งจะเป็นข้อความปัญหา คำถาม คำสั่งที่ให้แก่นักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาคำตอบ โดยลักษณะของคำถามมี 2 ลักษณะ คือ คำถามที่เป็นประโยคสมบูรณ์กับคำถามที่เป็นประโยคไม่สมบูรณ์โดยเว้นช่องว่างให้นักเรียนเลือกตัวเลือกสำหรับเติมในช่องว่างนั้น ส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนของตัวเลือก (Option, choice, or alternative) ซึ่งเป็นชุดของคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้เพื่อให้นักเรียนเลือกตอบ โดยตัวเลือกจะประกอบด้วยตัวเลือกที่ถูกต้อง เรียกว่า ตัวถูกหรือคำตอบ (Correct choice or correct answer) 1 ตัวเลือก และตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือมีความเหมาะสมน้อย เรียกว่า ตัวลวง (Distractors or foils) ประมาณ 3-4 ตัวเลือก ซึ่งตัวลวงที่ดีจะต้องมีความเป็นไปได้ในการเป็นคำตอบของคำถาม กล่าวคือ ตัวเลือกที่ถูกต้องกับตัวลวงมีลักษณะใกล้เคียงกันดูเผินๆ จะรู้สึกได้ว่าตัวเลือกทุกตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่ในความเป็นจริงนั้นน้ำหนักของความถูกต้องแต่ละตัวเลือกแตกต่างกัน ซึ่งปกติจะมีการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกทั้งหมดที่กำหนดไว้ ดังนั้นนักเรียนจึงไม่มีอิสระในการแสดงความคิดเห็นของตนเอง (ชวลิต ชูกำแพง. 2550: 97; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 118; ราตรี นันทสุคนธ์. 2555: 128; ล้วน; และ อังคณา สายยศ. 2543: 93; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 25; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 82; Airasian. 2000: 108; Musial; et al. 2009: 119-120; Reynolds; Livingston; & Willson. 2010: 196; Sax. 1989: 101)

1.4.5.3.2 ลักษณะของแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่ดี

จากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ลักษณะของแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่ดี ได้ดังนี้

1.4.5.3.2.1 ด้านคำถาม

- สร้างคำถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
- สร้างคำถามที่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของคำตอบที่ต้องการ
- คำถามต้องเป็นประโยคคำถามที่สมบูรณ์ อาจในเครื่องหมายปริศน์ (?) กำกับท้ายประโยค หรือเป็นคำถามที่เว้นช่องว่างสำหรับคำตอบจากการเลือกตอบจากตัวเลือก
- คำถามมีความชัดเจน สั้น ตรงจุด ไม่คลุมเครือ เพื่อให้นักเรียนไม่ไขว่เขวและมุ่งความคิดในการตอบไปถูกทิศทาง
- คำถามควรเป็นคำถามในหลักวิชานั้นจริงๆ
- คำถามไม่ควรใช้คำฟุ่มเฟือย ควรสร้างคำถามให้ตรงกับปัญหา ไม่ใช่คำซ้ำซ้อนในตัวคำถามโดยไม่จำเป็น สิ่งใดที่ไม่เกี่ยวข้องก็ไม่ต้องเขียนไว้ในประโยคคำถาม
- คำถามและตัวเลือกต้องมีความสอดคล้องและสัมพันธ์กัน
- ควรสร้างคำถามให้มีคำตอบเพียงคำตอบเดียว
- คำถามควรเป็นคำถามที่มีคุณค่าในการวัด กล่าวคือ ไม่ถามเฉพาะความรู้ ความจำ แต่ควรสร้างคำถามเพื่อให้นักเรียนได้คิดหรือนำความรู้ที่มีอยู่ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้
- ควรสร้างคำถามที่เป็นประโยชน์และส่งเสริมความดีงามช่วยให้นักเรียนเรียนรู้สิ่งที่ดีงามและปลูกฝังคุณค่าที่สังคมยอมรับ และในทางตรงข้ามก็ไม่ควรสร้างคำถามในแง่ลบหรือสิ่งที่ก่อให้เกิดโทษ
- ควรสร้างคำถามในเชิงบวก เช่น อะไรคือคุณลักษณะของนักเรียนที่มีพรสวรรค์ เป็นต้น ในทางตรงกันข้ามก็ไม่ควรสร้างคำถามในเชิงลบ เช่น อะไรคือคุณลักษณะของนักเรียนที่ไม่มีพรสวรรค์ เป็นต้น
- ใช้ภาษาและแบ่งวรรคตอนให้ถูกต้องตามหลักภาษา
- ใช้ภาษาของคำถามให้เหมาะสมกับระดับของนักเรียน เพราะถ้าใช้ภาษายากเกินไปกับระดับของนักเรียน นักเรียนอาจจะไม่เข้าใจความหมายของคำถาม
- หลีกเลี่ยงคำถามที่เป็นประโยคปฏิเสธ โดยเฉพาะคำปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ เนื่องจากนักเรียนจะต้องแปลความหมายของคำถามทำให้เกิดความสับสนและตีความหมายของคำถามผิดไปจากวัตถุประสงค์ของผู้สร้างข้อสอบได้ แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้คำถามที่เป็นประโยคปฏิเสธจริงๆ ควรพิมพ์ตัวหนาหรือขีดเส้นใต้คำปฏิเสธนั้น
- หลีกเลี่ยงคำถามที่ทำให้ตัดสินใจว่าถูกหรือผิด
- หลีกเลี่ยงคำถามที่ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น

- คำถามข้อหนึ่งๆ ควรถามเรื่องเดียว
- ไม่ควรสร้างคำถามที่เน้นคำตอบ และจะต้องไม่สอดคล้องกับการเน้นคำตอบในข้ออื่นๆ
- ไม่ควรสร้างคำถามที่นักเรียนคล่องปากอยู่แล้ว เช่น คำถามเกี่ยวกับสุภาษิตคำพังเพย เป็นต้น
- ถ้าข้อสอบมีรูปแบบแบบสถานการณ์ การสร้างคำถามจะต้องสอดคล้องกับสถานการณ์
- ควรใช้รูปภาพเป็นคำถามจะทำให้ข้อสอบมีความน่าสนใจยิ่งขึ้น โดยเฉพาะนักเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น

1.4.5.3.2.2 ด้านตัวเลือก

- ไม่ควรสร้างตัวเลือกน้อยเกินไป และใช้ตัวเลือกเหล่านั้นซ้ำกัน
- ควรสร้างตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว เพราะถ้าสร้างตัวเลือกที่ถูกต้องหลายตัวเลือกและสร้างได้ไม่ดีจะทำให้ไม่มีตัวเลือกใดที่ถูกอย่างชัดเจน และจะมีปัญหาในการให้คะแนนและสร้างความสับสนให้แก่นักเรียน
- ควรหลีกเลี่ยงการสร้างตัวเลือกที่มีข้อความคาบเกี่ยวกัน หรือตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งเป็นส่วนประกอบของตัวเลือกอื่น ควรสร้างตัวเลือกแต่ละตัวให้เป็นอิสระจากกัน
- ไม่ควรใช้คำฟุ่มเฟือยในข้อความของตัวเลือก
- สร้างตัวเลือกให้มีความเป็นเอกพันธ์ กล่าวคือ ควรจะเขียนตัวเลือกทุกตัวให้มีลักษณะ ทิศทาง โครงสร้างเดียวกัน จะช่วยให้คำตอบและตัวลงมีคุณค่ามากขึ้น
- ถ้าตัวเลือกที่มีลักษณะเป็นตัวเลข นิยมเรียงจากน้อยไปหามาก เพื่อช่วยให้นักเรียนพิจารณาคำตอบได้สะดวก ไม่หลง และป้องกันการเดา โดยการเลือกตัวเลือกที่มีค่ามาก
- ถ้าตัวเลือกมีหลายประเภทปะปนกัน เช่น มาก-น้อย ลดลง-เพิ่มขึ้น ไม่ควรใช้คำเหล่านี้สลับกัน แต่ควรจัดเรียงกันเฉพาะภายในประเภทนั้นๆ
- ถ้าตัวเลือกเป็นข้อความธรรมดาควรเรียงตัวเลือกจากข้อความที่สั้นที่สุดไปข้อความที่ยาวที่สุด
- ควรใช้รูปภาพเป็นตัวเลือกจะทำให้ข้อสอบมีความน่าสนใจยิ่งขึ้น โดยเฉพาะนักเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น
- ใช้ตัวเลือกปลายเปิดและตัวเลือกปลายปิดให้มีความเหมาะสม โดยตัวเลือกปลายเปิด คือ ตัวเลือกสุดท้ายที่ใช้คำว่า ยังสรุปไม่ได้หรือผิดหมดทุกข้อ มักใช้กับคำถามที่ยังไม่มีผลสรุปที่แน่นอน ส่วนตัวเลือกปลายปิด คือ ตัวเลือกสุดท้ายที่ใช้คำว่า ถูกหมดทุกข้อ

โดยในการสร้างข้อสอบทุกครั้ง ควรมีตัวเลือกปลายเปิดและปลายปิดรวมอยู่ด้วยทั้งคำตอบและตัวลวง เพื่อช่วยให้การสร้างข้อสอบมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งนี้ถ้าไม่ใช้ตัวเลือกปลายเปิดและปลายปิด รวมอยู่ด้วยจะทำให้ตัวลวงบางตัวขาดคุณภาพ คือ เห็นได้ชัดเจนว่าเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตามในการใช้ตัวเลือกปลายเปิดและปลายปิดนี้ต้องระวังเป็นอย่างมาก เช่น ถ้าเป็นตัวเลือก ปลายปิด ต้องมั่นใจว่า ตัวเลือกทั้งหมดนั้นเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง เป็นต้น

- ควรสร้างตัวเลือกที่ถูกต้องและตัวลวงตามหลักวิชา
- ไม่ควรสร้างตัวเลือกที่สอดคล้องกับขนบธรรมเนียมของท้องถิ่น
- ตัวลวงต้องมีความน่าเชื่อถือและมีความเป็นไปได้ที่นักเรียน

จะคิดว่าเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง

• ตัวลวงต้องสามารถวัดความเข้าใจของนักเรียนได้

• ควรสร้างตัวเลือกหลายๆ ตัว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเดาได้ง่าย โดยระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-2 ควรมี 3 ตัวเลือก ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6 ควรมี 4 ตัวเลือก และชั้นมัธยมศึกษาขึ้นไป ควรมี 5 ตัวเลือก

• ไม่ควรสร้างตัวเลือกที่มีข้อความซ้ำกับข้อความในคำถาม เพราะจะเป็นการแนะนำคำตอบและนักเรียนสามารถเดาคำตอบได้

• ไม่ควรสร้างตัวเลือกที่ถูกต้องและตัวลวงที่ผิดเด่นชัดเกินไป เพราะนักเรียนจะสังเกตได้อย่างชัดเจนจนกลายเป็นการแนะนำคำตอบ

• ไม่ควรสร้างตัวเลือกที่ถูกต้องให้มีข้อความที่ยาวเกินไป เพราะผู้ออกข้อสอบมักขยายความตัวเลือกที่ถูกต้องให้มีความชัดเจนว่าถูกต้องแน่นอน ดังนั้นนักเรียน อาจเดาคำตอบได้ง่าย ดังนั้นในการสร้างตัวเลือกควรสร้างให้มีความยาวใกล้เคียงกัน

• ควรกำหนดตัวเลือกที่ถูกต้องให้มีการกระจายไปในอัตราส่วนเท่าๆ กัน เพื่อไม่ให้นักเรียนเดาคำตอบได้ง่าย เช่น ข้อ ก. ถูกติดต่อกัน 5 ข้อ เป็นต้น

โดยสรุปแล้วลักษณะของแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่ดีจะต้องมีการสร้าง และออกแบบให้ดีทั้งด้านคำถามและด้านตัวเลือก (ทิวต์ธ มณีโชติ. 2549: 53-54; พิชิต ฤทธิ์เจริญ. 2555:129-132; ราตรี นันทสุคนธ์. 2555: 129-142; ล้วน; และ อังคณา สายยศ. 2543: 94-107; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 25-26; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 82-96; Airasian. 2000: 115-124; Musial; et al. 2009: 120-127; Sax. 1989: 105-108)

1.4.5.3.3 ข้อดี-ข้อจำกัดของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

จากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อดี-ข้อจำกัด ของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ได้ดังนี้

1.4.5.3.3.1 ข้อดี

• มีความเที่ยงตรงสูงเพราะสามารถสร้างคำถามได้ครอบคลุมทุกเนื้อหาตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้เนื่องจากสร้างข้อสอบได้จำนวนมาก

- เนื่องจากนักเรียนเขียนน้อย ดังนั้นจึงสามารถวัดเนื้อหาตามหลักสูตรได้จำนวนมากโดยใช้เวลาในการทดสอบน้อย

- สามารถวัดเนื้อหาได้หลากหลาย
- สามารถวัดผลการเรียนรู้ได้ทั้งระดับพื้นฐานและระดับซับซ้อน
- วัดได้ครอบคลุมทุกพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า
- มีความเชื่อมั่นสูงเนื่องจากมีจำนวนข้อสอบมาก
- ควบคุมระดับความยากง่ายของข้อสอบได้โดยการเขียนตัวลงให้มีความเป็นเอกพันธ์ จึงจะสามารถใช้กับนักเรียนได้ทุกระดับ

- ครูสามารถสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบสำหรับแบ่งแยกนักเรียนได้ โดยการเลือกตัวเลือกที่มีระดับความถูกต้องแตกต่างกัน

- ตรวจให้คะแนนได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และประหยัดเวลาในการตรวจ การตรวจมีความเป็นปรนัย กล่าวคือใครตรวจก็ให้คะแนนเหมือนกันและแปลความหมายของคะแนนเหมือนกัน สามารถใช้เครื่องตรวจได้ เนื่องจากจะนับเฉพาะคะแนนที่นักเรียนตอบถูกต้องเท่านั้นดังนั้นจึงเหมาะสำหรับใช้ในการสอบคัดเลือกที่มีผู้สอบเป็นจำนวนมาก

- สามารถนำแบบทดสอบไปทดลองใช้ วิเคราะห์ หาคุณภาพของแบบทดสอบ ปรับปรุงและแก้ไขให้มีคุณภาพสูงขึ้นจนเป็นแบบทดสอบมาตรฐานได้

- ง่ายต่อการปรับปรุงแบบทดสอบโดยใช้ผลจากการวิเคราะห์ข้อสอบ

- ตัดปัญหาเรื่องลายมือของนักเรียนที่อ่านยากเนื่องจากนักเรียนเขียนน้อย

- สามารถวินิจฉัยหาจุดบกพร่องหรือความไม่เข้าใจในเนื้อหาของนักเรียนได้อย่างเป็นระบบโดยพิจารณาจากตัวลง

- สามารถใช้แผนผังรูปภาพหรือกราฟมาสร้างข้อสอบได้ง่าย
- เนื่องจากมีตัวเลือก 3-5 ตัวเลือก นักเรียนจึงเดาคำตอบได้ยากว่าแบบทดสอบปรนัยชนิดอื่นๆ เช่น แบบทดสอบแบบถูก-ผิด เป็นต้น

- ส่งเสริมปรัชญาการตัดสินใจ

1.4.5.3.3.2 ข้อจำกัด

- สิ้นเปลืองเพราะค่าใช้จ่ายสูง
- การสร้างแบบทดสอบให้มีคุณภาพทำได้ยาก โดยเฉพาะการสร้างตัวลงให้มีคุณภาพ ดังนั้นจึงต้องอาศัยความรู้ความชำนาญของผู้สร้างเป็นสำคัญ
- ใช้เวลาในการสร้างแบบทดสอบมาก

- นักเรียนไม่สามารถแสดงความคิดของตนเองได้อย่างอิสระ จึงไม่ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ที่เป็นไปตามธรรมชาติและตามศักยภาพของนักเรียน โดยเฉพาะ การวัดการรวบรวมความคิด การเสนอความคิด ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการเขียน

- ไม่สามารถวัดได้ครอบคลุมทุกวัตถุประสงค์ของการวัด เช่น ไม่สามารถวัดการเขียนบทกวี การอภิปราย หรือการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ เป็นต้น

- นักเรียนใช้เวลาในการตอบข้อสอบทั้งฉบับนานกว่าแบบทดสอบปรนัยประเภทอื่นๆ

- นักเรียนที่เรียนเก่งมีแนวโน้มที่จะทำข้อสอบได้มาก

- นักเรียนที่ไม่มีความรู้สามารถเดาคำตอบที่ถูกต้องได้

- นักเรียนบางคนเข้าใจว่าคำตอบถูกมีมากกว่า 1 ตัวเลือก

โดยสรุปแล้วแบบทดสอบแบบเลือกตอบมีทั้งข้อดีและข้อจำกัดดังนั้นในการเลือกใช้จึงต้องเลือกให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผล (ซวลิต ชูกำแหง. 2550: 98; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 133; ราชตรี นันทสุนกนธ์. 2555: 143-144; ล้วน; และอังคณา สายยศ. 2543: 108-109; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 38; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 97; Airasian. 2000: 108-109, 114; Reynolds; Livingston; & Willson. 2010: 206-210; Sax. 1989: 102)

2. การวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน

2.1 ความหมายของการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน

การวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นวัตถุประสงค์สำคัญข้อหนึ่งของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยเฉพาะการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ซึ่งการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนนั้นหมายถึง การศึกษารายละเอียดการเรียนรู้ของนักเรียนเฉพาะเรื่องเป็นรายบุคคล เพื่อค้นหาว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำการวินิจฉัยหรือไม่ นักเรียนคนใดที่มีปัญหา ไม่เข้าใจ หรือมีจุดบกพร่อง และมีจุดบกพร่องในส่วนใด รวมทั้งค้นหาสาเหตุของจุดบกพร่องนั้นๆ เพื่อหาทางปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องโดยการสอนซ่อมเสริมหรือทบทวนในเรื่องที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ ซึ่งนอกจากการวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนแล้วยังสามารถวินิจฉัยการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูผู้สอนได้ว่ามีจุดบกพร่องอย่างไร ควรปรับปรุงอย่างไรให้มีความเหมาะสมกับความต้องการของนักเรียน รวมทั้งยังสามารถวินิจฉัยเครื่องมือวัดผลได้อีกด้วยว่ามีความยากง่ายเพียงใดโดยพิจารณาจากคำตอบของนักเรียน (ทิวัดถ์ มณีโชติ. 2549: 9, 13-14; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 21; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 17; ราชตรี นันทสุนกนธ์. 2555: 19-20; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 8; สุมาลี จันทรชลอ. 2542?: 15; Adum; & Torgerson. 1964: 458; Gronlund; & Linn. 1990: 13; Sax. 1989: 27)

2.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน

2.2.1 แนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Misconception)

แนวคิดที่คลาดเคลื่อน ในบางครั้งอาจเรียกว่า แนวคิดทางเลือก (สุทธิดา จำรัส. 2552), มโนคติทางเลือก (เกียรติมณี บำรุงไร่. 2553) มโนคติที่คลาดเคลื่อน (นิคม ทองบุญ. 2542; สุภาพร อินบุญนะ. 2542) หรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (ศิริเดช สุชีวะ. 2546) ในภาษาอังกฤษ มีคำเรียกอยู่หลายคำ เช่น Alternative conceptions (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. 2550; Caleon; & Subramaniam. 2009; Tsai; & Chou. 2002), alternative frameworks (Treagust. 1988: 161) เป็นต้น

แนวคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวคิด ความรู้ ความคิด ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง คลาดเคลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปจากความเป็นจริงหรือแนวคิดที่ยอมรับกันในปัจจุบัน (นิคม ทองบุญ. 2542: 7; สุภาพร อินบุญนะ. 2542: 9; Turker. 2005: 5; citing Online Dictionary) สำหรับ ความหมายในทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific concept) หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ที่แวดวงวิทยาศาสตร์ (Scientific community) ให้การยอมรับ หรือความคิดที่แตกต่างไปจากความคิดของครูผู้สอน (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และเพ็ญจันทร์ ชิงห์. 2550: 49; Caleon; & Subramaniam. 2009: 313; Treagust. 1988: 159, 163) สำหรับแนวคิดคลาดเคลื่อนในทางฟิสิกส์ หมายถึง การที่นักเรียนไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมทางกายภาพของโลกที่สอดคล้องกับกฎทางฟิสิกส์ได้ (Demirci. 2005: 40) ซึ่งแสดงผลได้จากการที่นักเรียนตอบผิดและมีความมั่นใจในคำตอบ (Dindar; & Geban. 2011: 602)

ทั้งนี้แนวคิดที่คลาดเคลื่อนนี้ส่วนใหญ่จะมาจากแนวคิดเดิม (Prior conception) หรือความเชื่อเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกซึ่งนักเรียนได้ประสบและรับรู้ในชีวิตประจำวัน และความรู้เดิมที่ได้รับการตีความที่ไม่ถูกต้องจากการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนของนักเรียนเอง (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และเพ็ญจันทร์ ชิงห์. 2550: 49; นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. 2548: 161; Demirci. 2005: 46; Tuysuz. 2009: 626) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการที่นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนั้นอาจเกิดขึ้นก่อนหรือระหว่างการจัดการเรียนรู้ก็ได้ ซึ่งแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนี้จะเป็อุปสรรคต่อการเรียนรู้แนวคิดที่สูงขึ้น (ศิริเดช สุชีวะ. 2546: 256; Bayrak. 2013: 24) ดังนั้นหน้าที่สำคัญประการหนึ่งของครูผู้สอนคือ ปรับเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียนที่เป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนให้เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และเพ็ญจันทร์ ชิงห์. 2550: 50)

2.2.2 การขาดความรู้ (Lack of knowledge)

หมายถึง นักเรียนไม่มีมโนคติ มโนทัศน์ หรือแนวคิดในเรื่องที่ทำการทดสอบ ดังนั้นคำตอบของนักเรียนที่ตอบมานั้นจึงเกิดจากการเดา (Guessing) ซึ่งแสดงผลได้จากการที่นักเรียนตอบผิด และไม่มั่นใจในคำตอบ (ศิริเดช สุชีวะ. 2546: 263; Caleon; & Subramaniam. 2009: 318; Turker. 2005: 6-7; citing Griffard; & Wandersee. 2001. *International Journal of Science Education*. 23(10))

2.2.3 การขาดความมั่นใจ (Lack of confidence)

หมายถึง การที่นักเรียนไม่มั่นใจในความรู้ที่ตนเองมี ดังนั้นนักเรียนจึงไม่มั่นใจในคำตอบที่นักเรียนตอบแม้ว่านักเรียนจะตอบถูกต้อง (Turker. 2005: 5)

2.3 แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้

2.3.1 ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้

เครื่องมือและวิธีการสำหรับศึกษา วินิจฉัยการเรียนรู้ ความเข้าใจในแนวคิด และแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนซึ่งมีหลายชนิด เช่น การสังเกต (Observation) การสัมภาษณ์ (Interview) การใช้แบบสอบถามปลายเปิด (Open ended questionnaires) การใช้แบบทดสอบวินิจฉัย (Diagnostic test) การใช้แบบวัดความถนัด (Aptitude test) การใช้แผนผังความคิด (Concept mapping) เป็นต้น (ศิริเดช สุชีวะ. 2546: 256; Kilic; & Saglam. 2009: 2685; Turker. 2005: 1, 21-22; Tuysuz. 2009: 626) ซึ่งเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวินิจฉัยการเรียนรู้ และศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน คือ แบบทดสอบวินิจฉัย (Treagust. 1988: 159; Tuysuz. 2009: 626-627)

แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดหนึ่งที่ใช้สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และวินิจฉัยทักษะพื้นฐาน ระดับความรู้ และการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อระบุว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิด หรือมีจุดบกพร่อง จุดด้อย ปัญหาอุปสรรค ความยากลำบาก ความไม่เข้าใจในการเรียนเรื่องใด รวมทั้งสาเหตุของจุดบกพร่องในแต่ละเนื้อหาย่อยๆ ของแบบทดสอบนั้น โดยการวิเคราะห์ผลนั้นจะไม่นำคำนึงถึงคะแนนรวมแต่คำนึงถึงรูปแบบของคำตอบเป็นสำคัญ เพื่อที่ครูจะได้สอนซ่อมเสริม แนะนำปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสม และบ่งชี้หลักสูตรที่เป็นไปได้เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องและปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนได้ถูกต้องและตรงจุด ทำให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้นและเกิดการเรียนรู้ได้เหมือนกับคนอื่น ๆ (โชติ ชื่นเพชร. 2547?: 50; บุญชม ศรีสะอาด. 2540: 27, 35-36; พิชิต ฤทธิ์บุญ. 2555: 63; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 149; วิยดา ซ่อนฆ่า. 2550: 20; ศิริเดช สุชีวะ. 2546: 258; Bloom; Hastings; & Madaus. 1971: 91-92; Brown. 1970: 257; Micheels; & Kanes. 1950: 24; Singha. 1974: 200-201)

2.3.2 ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย

จากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย ได้ดังนี้

2.3.2.1 สามารถวัดประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ได้ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย

2.3.2.2 มีทั้งที่เป็นแบบทดสอบมาตรฐานและแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น

2.3.2.3 เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดทักษะพื้นฐาน ระดับการเรียนรู้ ความรู้ความเข้าใจ เพื่อหาจุดบกพร่องและสาเหตุของจุดบกพร่องเป็นเรื่องราว ถ้าในเรื่องนั้นๆ มีทักษะย่อยหลายทักษะ ก็อาจแบ่งเป็นแบบทดสอบย่อย (Subtest) เพื่อวัดตามทักษะย่อยนั้นๆ ได้

2.3.2.4 ในการวัดทักษะหนึ่งๆ จะมีข้อสอบหลายข้อเพื่อช่วยให้การวัดมีความเที่ยงตรง สามารถจำแนกนักเรียนที่มีความบกพร่องในการเรียนรู้นั้นๆ ได้อย่างเพียงพอ

2.3.2.5 สร้างข้อสอบจำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทั้งหมด

2.3.2.6 เนื้อหาที่ต้องการวัดต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

2.3.2.7 เน้นความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นสำคัญ ดังนั้นการวิเคราะห์และการสุ่มเนื้อหาต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ

2.3.2.8 ข้อสอบโดยรวมมีแนวโน้มค่อนข้างง่ายกว่าแบบทดสอบทั่วไป

2.3.2.9 ข้อสอบในแบบทดสอบวินิจฉัย สามารถค้นหาสาเหตุของจุดบกพร่องในการตอบผิดได้

2.3.2.10 เริ่มจากข้อง่ายๆ ไปหาข้อยากๆ

2.3.2.11 ควรสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจ (Survey test) ขึ้นมาก่อน เพื่อนำผลจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบเพื่อสำรวจไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยได้ตรงยิ่งขึ้น

2.3.2.12 เกณฑ์ปกติ (Norm) ไม่มีความสำคัญในแบบทดสอบวินิจฉัย เพราะวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบวินิจฉัยคือเพื่อค้นหาจุดบกพร่องและสาเหตุของจุดบกพร่องในการเรียนของนักเรียนมากกว่าการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.3.2.13 ต้องกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำในการวินิจฉัยที่เหมาะสมกับความบกพร่องแต่ละชนิด เพื่อวินิจฉัยว่านักเรียนมีความบกพร่องหรือไม่

2.3.2.14 ตรวจคำตอบแยกเป็นรายข้อ หรือแต่ละทักษะของนักเรียนรายบุคคล

2.3.2.15 ไม่คำนึงถึงคะแนนรวม แต่คำนึงถึงรูปแบบของคำตอบรายข้อของนักเรียนเป็นสำคัญ

2.3.2.16 การตรวจให้คะแนนสามารถประเมินผลได้ทั้งแบบอิงเกณฑ์และอิงกลุ่ม

2.3.2.17 วิธีรายงานคะแนนจากแบบทดสอบทำได้โดยการเขียนเส้นภาพ (Profile) ของคะแนนของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละทักษะย่อย

2.3.2.18 มักเป็นแบบทดสอบที่ไม่เร่งรัดเวลาในการทำ

2.3.2.19 ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยในการทดสอบนักเรียนเมื่อเรียนจบแต่ละเรื่อง

2.3.2.20 ต้องวัดได้ทั้งจุดบกพร่องทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียน

2.3.2.21 สร้างจากรากฐานการวิเคราะห์ทักษะเฉพาะที่ส่งผลให้เรียนได้สำเร็จ

2.3.2.22 แบบทดสอบวินิจฉัยตั้งอยู่บนนิยามของการเรียนเพื่อรอบรู้

โดยสรุปแล้วลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบทดสอบที่แตกต่างไปจากแบบทดสอบโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจฉัยจุดบกพร่องและสาเหตุของจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจึงจำเป็นต้องศึกษาลักษณะของแบบทดสอบดังกล่าวอย่างละเอียด (กรมวิชาการ. 2539: 7; โชติ เพชรชื่น. 2547: 50; บุญชม ศรีสะอาด. 2540: 36; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 149; วิทยา ช่อนคำ.

2550: 22-23; ศิริเดช สุชีวะ. 2546: 259; Adams; & Torgerson. 1964: 472; Bloom; Hastings; & Madaus. 1971: 91-92; Singha. 1974: 200-205)

2.3.3 ประเภทของแบบทดสอบวินิจัยการเรียนรู้

แบบทดสอบวินิจัยการเรียนรู้มีความเหมาะสมและนิยมสร้างเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice) เนื่องจากมีความเหมาะสมในการสร้างให้มีข้อสอบจำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาที่กำหนด รวมทั้งยังง่ายต่อการใช้ทดสอบ ง่ายต่อการให้คะแนน วิเคราะห์ และตีความคำตอบของนักเรียนสามารถวินิจัยการเรียนรู้ของนักเรียนจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคำตอบที่ผิดหรือตัวลวงจะแสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. 2549: 149; Dindar; & Geban. 2011: 600; Turker. 2005: 1; Tsai; & Chou. 2002: 158) ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยหลายๆ งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่สร้างแบบทดสอบวินิจัยเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ เช่น งานวิจัยของนิคม ทองบุญ (2542); งานวิจัยของสุทธิดา จารัส (2552); งานวิจัยของคาเลออนและซุบรามานิยม (Caleon; & Subramaniam. 2009) และงานวิจัยของเตอร์เกอร์ (Turker. 2005) เป็นต้น ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสังเคราะห์รูปแบบของแบบทดสอบวินิจัยได้ 3 รูปแบบ ได้แก่

2.3.3.1 แบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้น

คาเลออนและซุบรามานิยม (Caleon; & Subramaniam. 2009: 313-314); ทรีกัสท์ (Treagust. 1988: 163); และไทและโจว (Tsai; & Chou. 2002: 158) ได้กล่าวว่าแบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้นเป็นแบบทดสอบที่พัฒนามาจากแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice questions) เนื่องจากแบบทดสอบแบบเลือกตอบมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถแยกคำตอบที่ถูกต้องจากเหตุผลที่ถูกต้องกับคำตอบที่ถูกต้องจากเหตุผลที่ไม่ถูกต้องได้ ดังนั้นจึงต้องมีการเพิ่มส่วนของเหตุผลของคำตอบเข้ามา แบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้นจึงประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 คือ คำตอบของคำถาม เรียกว่าส่วน A-tier เป็นส่วนที่วัดการตอบสนองทางด้านความรู้ในเนื้อหาหรือความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ประกอบด้วยตัวเลือก 2-3 ตัวเลือก

ส่วนที่ 2 คือ เหตุผลของคำตอบ เรียกว่าส่วน R-tier เป็นส่วนที่วัดการอธิบายความรู้หรือการตอบสนองเหตุผลของคำตอบในส่วน A-tier มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ประกอบด้วยตัวเลือก 4 ตัวเลือก โดยมี 1 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และตัวเลือกอื่นๆ เป็นตัวลวงซึ่งจะแสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน โดยแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนี้ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรม การสัมภาษณ์ และการตอบอย่างอิสระของนักเรียน

ข้อดีของแบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้นคือ ทำให้ทราบว่าการที่นักเรียนตอบถูกนั้นมาจากเหตุผลที่ถูกต้องหรือไม่ และทราบเหตุผลของนักเรียนที่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอีกด้วย รวมทั้งแบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้นยังลดโอกาสในการเดาคำตอบที่ถูกต้องของนักเรียนได้มากกว่าแบบทดสอบแบบเลือกตอบโดยทั่วไป กล่าวคือ ถ้าแบบทดสอบแบบเลือกตอบมีตัวเลือก 5 ตัวเลือก ดังนั้นโอกาสที่นักเรียนจะเดาคำตอบได้ถูกต้องมีถึงร้อยละ 20 แต่แบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้นนั้น

ถ้ามีตัวเลือกส่วนของคำตอบของคำถาม (A-tier) 5 ตัวเลือก และตัวเลือกในส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) 5 ตัวเลือก โดยนักเรียนจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้งส่วน A-tier และส่วน R-tier ดังนั้นโอกาสที่นักเรียนจะเดาคำตอบได้ถูกต้องมีเพียงร้อยละ 4 เท่านั้น (Tuysuz. 2009: 627) นอกจากนี้แบบทดสอบวินิจัยสองลำดับชั้นยังมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นในการวัดความเข้าใจ เหตุผล และการตีความคำตอบของนักเรียนได้ดีกว่าวิธีการอื่นๆ (Kilic; & Saglam. 2009: 2685) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของทุยซุซ (Tuysuz. 2009) ที่แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบวินิจัยสองลำดับชั้นมีประสิทธิภาพในการวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ดีกว่าแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

อย่างไรก็ตามแบบทดสอบวินิจัยสองลำดับชั้นนี้ก็ยังมีข้อจำกัดคือไม่สามารถแยกคำตอบที่ผิดจากการมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Misconception) กับคำตอบที่ผิดจากการขาดความรู้ (Lack of knowledge) ได้ ดังนั้นจึงทำให้การคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนสูงเกินไป นอกจากนี้ยังไม่สามารถแยกคำตอบที่ถูกต้องจากการที่มีความเข้าใจที่แท้จริง (Genuine understanding) กับคำตอบที่ถูกต้องจากการเดา (Guessing) ได้ ดังนั้นจึงแก้ปัญหาโดยการเพิ่มในส่วนระดับความมั่นใจ (Level of confidence) ในคำตอบในแบบทดสอบวินิจัยสองลำดับชั้น จึงกลายเป็นแบบทดสอบวินิจัยสามลำดับชั้นและแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับชั้นดังจะได้นำกล่าวต่อไป (Caleon; & Subramaniam. 2009: 314; Turker. 2005: 2; citing Griffard; & Wandersee. 2001. *International Journal of Science Education*. 23(10))

2.3.3.2 แบบทดสอบวินิจัยสามลำดับชั้น

แบบทดสอบวินิจัยสามลำดับชั้นเป็นแบบทดสอบที่ได้พัฒนามาจากแบบทดสอบวินิจัยสองลำดับชั้น โดยเพิ่มระดับความมั่นใจ (Level of confidence) ในคำตอบในส่วนของคำตอบของคำถามและเหตุผลของคำตอบ ดังนั้นแบบทดสอบวินิจัยสามลำดับชั้นจึงประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่

ส่วนที่ 1 คือ คำตอบของคำถาม เรียกว่าส่วน A-tier เป็นส่วนที่วัดความรู้ในเนื้อหา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 2 คือ เหตุผลของคำตอบ เรียกว่าส่วน R-tier เป็นส่วนที่วัดการอธิบายความรู้ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 3 คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบของส่วนที่ 1 และ 2

ซึ่งแบบทดสอบวินิจัยสามลำดับชั้นสามารถแยกแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากการขาดความรู้ได้ กล่าวคือ นักเรียนที่ตอบผิดและมั่นใจในคำตอบ แสดงว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และนักเรียนที่ตอบผิดแต่ไม่มั่นใจในคำตอบ แสดงว่านักเรียนขาดความรู้ในเรื่องที่ทำการทดสอบ (Caleon; & Subramaniam. 2009: 314-315; Dinder; & Geban. 2011: 601-603; Turker. 2005: Abstract; Turker. 2005: 6-7; citing Griffard; & Wandersee. 2001. *International Journal of Science Education*. 23(10); Pesman; & Eryilmaz. 2010: 211, 217)

อย่างไรก็ตามแบบทดสอบวินิจัยสามลำดับชั้นนี้ก็ยังมีข้อจำกัด คือ ไม่มีความชัดเจนในการให้ระดับความมั่นใจในคำตอบของนักเรียน ถ้านักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบของส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) แตกต่างกัน ดังนั้น

จึงมีการพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับชั้นดังจะได้อีกกล่าวต่อไป (Caleon; & Subramaniam. 2009: 315)

2.3.3.3 แบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับชั้น

คาเลออนและซุบรามามาเนียม (Caleon; & Subramaniam. 2009: 315-316, 330-331) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับชั้นเป็นแบบทดสอบที่พัฒนามาจากแบบทดสอบวินิจัยสองลำดับชั้นและแบบทดสอบวินิจัยสามลำดับชั้น เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจัยสองลำดับชั้นและแบบทดสอบวินิจัยสามลำดับชั้น โดยเพิ่มระดับความมั่นใจ (Level of confidence) ในคำตอบที่นักเรียนเลือกทั้งในส่วนของการตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ดังนั้นแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับชั้นจึงประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 คือ คำตอบของคำถาม เรียกว่า A-tier เป็นส่วนที่วัดความรู้ในเนื้อหา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

ส่วนที่ 2 คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถาม

ส่วนที่ 3 คือ เหตุผลของคำตอบ เรียกว่า R-tier เป็นส่วนที่วัดการอธิบายความรู้ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ โดยตัวเลือกสุดท้ายจะเว้นพื้นที่ว่างให้นักเรียนเขียนตอบเหตุผลของนักเรียนเอง ในกรณีที่นักเรียนมีแนวคิดหรือเหตุผลที่แตกต่างไปจากตัวเลือกที่กำหนดให้

ส่วนที่ 4 คือ ระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบ

2.3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจัยการเรียนรู้

สำหรับการสร้างแบบทดสอบวินิจัยนั้น มีนักการศึกษาหลายท่านระบุขั้นตอนการสร้างไว้หลากหลาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจัยโดยการสร้างตารางวิเคราะห์ดังตาราง 2

ตาราง 2 วิเคราะห์ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย	นวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม	บุญชม ศรีสะอาด	วิยะดา ช่อน้ำ	ศิริเดช สุชีวะ	Noll	Treagust
1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย	/	/				
2. ศึกษาทฤษฎี วิธีการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง แบบทดสอบวินิจฉัยและวิธีการเขียนข้อสอบ	/	/				
3. ศึกษา วิเคราะห์เนื้อหา, ทักษะ และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร และ กำหนดเนื้อหา	/	/	/	/	/	/
4. แบ่งเนื้อหาหรือทักษะเป็นเนื้อหาหรือทักษะย่อยๆ ระบุโนมตี หรือข้อความรู้เชิงประพจน์	/	/	/	/		/
5. สร้างแผนผังแนวคิด (Concept map)						/
6. ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อความรู้เชิงประพจน์กับแผนผัง ความคิด						/
7. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาหรือทักษะ	/	/				/
8. กำหนดตัวบ่งชี้, จุดประสงค์การเรียนรู้หรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	/	/	/			
9. สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา, จุดประสงค์การเรียนรู้ หรือ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	/					
10. ศึกษารวบรวมจุดบกพร่องและสาเหตุของจุดบกพร่อง แนวคิด ที่คลาดเคลื่อน เพื่อนำมาสร้างเป็นตัวลง		/	/	/		

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย	นวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม	บุญชม ศรีสะอาด	วิยะดา ช่อน้ำ	ศิริเดช สุชีวะ	Noll	Treagust
10.1 ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ที่จะทำการทดสอบ						/
10.2 สัมภาษณ์นักเรียน						/
10.3 สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจและนำไปทดสอบนักเรียน เพื่อหาจุดบกพร่องหรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อน		/	/			/
11. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และจุดบกพร่องหรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่รวบรวมได้	/	/	/	/	/	/
12. เรียงข้อสอบเป็นด้านๆ ของเนื้อหา เพื่อให้สะดวกต่อการวินิจฉัย				/	/	
13. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและกำหนด จุดตัด	/	/		/		/
14. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้	/	/	/	/		/
15. หาคุณภาพหาคุณภาพของแบบทดสอบ	/	/	/			/
16. ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ	/	/	/	/		/
17. วิเคราะห์จุดบกพร่องหรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อนทางการเรียนของ นักเรียน			/			
18. พิมพ์แบบทดสอบและสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบ		/	/	/		

จากตาราง 2 สามารถสรุปขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจัยได้ดังนี้

2.3.4.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวินิจัย

2.3.4.2 ศึกษาทฤษฎี วิธีการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวินิจัยและวิธีการเขียนข้อสอบ

2.3.4.3 ศึกษา วิเคราะห์เนื้อหา ทักษะ และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร และกำหนดเนื้อหา

2.3.4.4 แบ่งเนื้อหาหรือทักษะเป็นเนื้อหาหรือทักษะย่อยๆ ระบุโมโนติหรือข้อความรู้เชิงประพจน์

2.3.4.5 สร้างแผนผังแนวคิด (Concept map)

2.3.4.6 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อความรู้เชิงประพจน์กับแผนผังความคิด

2.3.4.7 ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาหรือทักษะ

2.3.4.8 กำหนดตัวบ่งชี้, จุดประสงค์การเรียนรู้หรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.3.4.9 สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา, จุดประสงค์การเรียนรู้หรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.3.4.10 ศึกษารวบรวมจุดบกพร่องและสาเหตุของจุดบกพร่อง แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเพื่อนำมาสร้างเป็นตัวลง

2.3.4.10.1 ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องที่จะทำการทดสอบ

2.3.4.10.2 สัมภาษณ์นักเรียน

2.3.4.10.3 สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจและนำไปทดสอบนักเรียนเพื่อหาจุดบกพร่องหรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

2.3.4.11 สร้างแบบทดสอบวินิจัยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและจุดบกพร่องหรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่รวบรวมได้

2.3.4.12 เรียงข้อสอบเป็นด้านๆ ของเนื้อหา เพื่อให้สะดวกต่อการวินิจัย

2.3.4.13 ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและกำหนดจุดตัด

2.3.4.14 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้

2.3.4.15 หาคุณภาพของแบบทดสอบ

2.3.4.16 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ

2.3.4.17 วิเคราะห์จุดบกพร่องหรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อนทางการเรียนของนักเรียน

2.3.4.18 พิมพ์แบบทดสอบและสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบ

เนื่องจากแบบทดสอบวินิจัยเป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจัยจุดบกพร่องและสาเหตุของจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นจึงมีลักษณะและวิธีการสร้างที่แตกต่างไปจากแบบทดสอบทั่วไป (นวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม. 2547: 70-71; บุญชม ศรีสะอาด. 2540: 37; วิยะดา ช่อนคำ. 2550: 28; ศิริเดช สุชีวะ. 2546: 259-260; Noll. 1957: 430; Treagust. 1988: 161-164)

2.3.5 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้

หัวใจสำคัญของการวัดผลการเรียนรู้ คือ สามารถวัดคุณลักษณะได้ตรงตามความต้องการและวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งสิ่งสำคัญที่ทำให้วัดผลได้ตามความต้องการถูกต้องแม่นยำ คือ คุณภาพของเครื่องมือวัดผล (ทิวิตต์ มณีโชติ. 2549: 5) สำหรับการหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้จะหาจากค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.3.5.1 ความยากง่าย (Difficulty)

ความยากง่ายเป็นคุณสมบัติที่สำคัญคุณสมบัติหนึ่งของแบบทดสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบในแบบทดสอบฉบับนั้นมีจำนวนนักเรียนหรือผู้ทดสอบตอบถูกมากหรือน้อยเพียงใด ถ้ามีจำนวนนักเรียนหรือผู้ทดสอบตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่าย แต่ถ้านักเรียนหรือผู้ทดสอบตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยาก ดังนั้นในแบบทดสอบฉบับหนึ่งควรมีทั้งข้อสอบที่ค่อนข้างยากปานกลาง และค่อนข้างง่ายปะปนกัน ซึ่งค่าความยากง่ายจะอยู่ในช่วง 0.00-1.00 ถ้าคำนวณเป็นร้อยละค่าความยากง่ายจะอยู่ในช่วงร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 100 ซึ่งข้อสอบโดยทั่วไปจะมีค่าความยากง่ายที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.20-0.80 (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 138; พิสนุ พงศรี. 2550: 292; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 128-130; เยาวดี รวงชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 143-145; Gronlund; & Waugh. 2009: 86-87) ซึ่งค่าความยากง่ายสามารถคำนวณได้จากสูตร (พิสนุ พงศรี. 2550: 292; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 195)

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

โดย p คือ ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

R คือ จำนวนนักเรียนหรือผู้ทดสอบที่ตอบข้อนั้นๆ ถูก

N คือ จำนวนนักเรียนหรือผู้ทดสอบทั้งหมด

2.3.5.2 อำนาจจำแนก (Discrimination)

อำนาจจำแนก เป็นคุณสมบัติสำคัญคุณสมบัติหนึ่งของแบบทดสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบในแบบทดสอบฉบับนั้นสามารถจำแนกนักเรียนหรือผู้ทดสอบออกได้ตามระดับความสามารถเป็นกลุ่มเก่ง ปานกลาง อ่อนได้ดีเพียงใด โดยค่าอำนาจจำแนกจะอยู่ในช่วง -1.00 ถึง +1.00 โดยค่าอำนาจจำแนกติดลบ หมายถึง นักเรียนกลุ่มเก่งตอบผิดและนักเรียนกลุ่มอ่อนตอบถูก ส่วนค่าอำนาจจำแนกเป็นบวก หมายถึง นักเรียนกลุ่มเก่งตอบถูกและนักเรียนกลุ่มอ่อนตอบผิด โดยค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมคือ +0.20 ถึง +1.00 (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 138; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 131; เยาวดี รวงชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 146-154; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 195; Gronlund; & Waugh. 2009: 86) ซึ่งค่าอำนาจจำแนกสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$r = \frac{P_H - P_L}{N_H \text{ or } N_L}$$

โดย r คือ ค่าอำนาจจำแนก

P_H คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

N_L คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

โดยจะต้องเรียงลำดับของนักเรียนทั้งหมดจากคะแนนสูงไปต่ำ แล้วคำนวณจำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำกลุ่มละ 25% ของนักเรียนทั้งหมด จากนั้นจึงคัดเลือกจำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ (พิสนุ พงศ์ศรี. 2550: 292; เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 153)

2.3.5.3 ความเที่ยงตรง (Validity)

ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติหนึ่งของเครื่องมือวัดที่สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดหรือลักษณะที่ต้องการวัด ซึ่งประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) และความเที่ยงตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion related validity) (ชวลิต ชูกำแพง. 2550: 58; เตือนใจ เกตุษา. 2549: 121; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 135-137; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 107; ล้วน; และ อังคณา สายยศ. 2543: 246; Gay. 1991: 189; Kubiszyn; & Borich. 1993: 293-296) ทั้งนี้จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้นั้นมักจะเน้นความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอกล่าวถึงเฉพาะความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาดังต่อไปนี้

เครื่องมือวัดผลหรือแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) หมายถึง เครื่องมือวัดผลหรือแบบทดสอบที่มีข้อคำถามหรือข้อสอบที่สามารถวัดได้ครอบคลุมและตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือที่กำหนดไว้ในหลักสูตร และสามารถวัดได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (เตือนใจ เกตุษา. 2549: 121; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 136; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 107; ล้วน; และ อังคณา สายยศ. 2543: 246-247; Gay. 1991: 189; Kubiszyn; & Borich. 1993: 298-299) โดยสามารถหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาได้จากค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency หรือ IOC) ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

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

โดย IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1.00 ถึง +1.00

ΣR คือ ผลรวมคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ คือ

1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

เชิงพฤติกรรม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

เชิงพฤติกรรม

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

เชิงพฤติกรรม

ทั้งนี้ค่า IOC ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปจึงถือว่าแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรง
เชิงเนื้อหา (ล้วน; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248-249)

2.3.5.4 ความเชื่อมั่น (Reliability)

ความเชื่อมั่น หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดหรือแบบทดสอบที่สามารถวัดผลของลักษณะ คุณสมบัติ หรือสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างคงที่หรือค่อนข้างคงที่แน่นอนไม่ว่าจะวัดกี่ครั้งก็ตามกับนักเรียนหรือผู้ทดสอบกลุ่มเดิม โดยค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจะอยู่ในช่วง 0.00 ถึง 1.00 โดยแบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่น 1.00 แสดงว่า แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง สามารถวัดลักษณะหรือคุณสมบัติได้อย่างคงเส้นคงวาคะแนนที่ได้จึงมีความน่าเชื่อถือ ส่วนแบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.00 แสดงว่า แบบทดสอบไม่มีความเชื่อมั่น ไม่สามารถวัดลักษณะหรือคุณสมบัติได้อย่างคงเส้นคงวา คะแนนที่ได้ไม่มีความน่าเชื่อถือ ทั้งนี้แบบทดสอบที่ครูสร้างนั้นจะมีค่าความเชื่อมั่น 0.60 ขึ้นไป ส่วนแบบทดสอบมาตรฐานจะมีค่าความเชื่อมั่น 0.80 ขึ้นไป (เตือนใจ เกตุษา. 2549. 120-121; พิชิต ฤทธิ์เจริญ. 2555: 137; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 121; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 200-201; เยาวดี รวงชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 88, 101-102; ราตรี นันทสุนนธ์. 2555: 245; สมบูรณ์ ตันยะ. 2545: 111; Aiken. 1991: 97-98; Mehrens; & Lehmann. 1984: 267) ซึ่งการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจะแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น โดยสามารถหาได้ 3 วิธีหลักๆ ได้แก่ วิธีการสอบซ้ำ (Test-retest) วิธีการใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (Parallel tests or equivalent tests) และการหาค่าความสอดคล้องภายใน (Internal consistency) ซึ่งวิธีการหาค่าความสอดคล้องภายในยังแบ่งออกได้หลายวิธี ได้แก่ วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (Split-half) วิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) แบ่งเป็น KR-20 และ KR-21 และวิธีการหาค่าแอลฟาของครอนบัค (Cronbach's alpha) ซึ่งจะได้นำกล่าวถึงรายละเอียดดังนี้

2.3.5.4.1 การสอบซ้ำ (Test-retest)

เป็นวิธีการหาความเชื่อมั่นแบบวัดความคงที่ (Measure of stability) โดยการนำแบบทดสอบฉบับเดียวกันไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกัน 2 ครั้งในเวลาที่แตกต่างกัน

โดยระยะห่างของเวลาในการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ต้องห่างกันพอสมควร แล้วนำคะแนนการทดสอบทั้ง 2 ครั้งมาหาความสัมพันธ์กัน โดยคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation) ซึ่งบางครั้งเรียกว่า สัมประสิทธิ์ความคงที่ (Coefficient of stability) ทั้งนี้การกำหนดระยะห่างของเวลาในการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ไม่ควรนานจนเกินไปเพราะยิ่งกำหนดระยะห่างมากค่าความเชื่อมั่นในการทดสอบจะลดลง (พิสนุ พองศรี. 2550: 260; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 121; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 204-205; เยาวดี รามชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 103; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 222; Aiken. 1991: 98-99; Kubiszyn; & Borich. 1993: 307-308; Mehrens; & Lehmann. 1984: 272) ซึ่งมีสูตรดังต่อไปนี้ (เยาวดี รามชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 106)

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

โดย r_{xy} คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

X คือ คะแนนสอบครั้งที่ 1

Y คือ คะแนนสอบครั้งที่ 2

N คือ จำนวนนักเรียนที่สอบทั้งหมด

$\sum$ คือ ผลรวม

2.3.5.4.2 การใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (Parallel tests or equivalent tests)

เป็นวิธีการหาความเชื่อมั่นแบบวัดความสมมูล (Measure of equivalence)

โดยการนำแบบทดสอบคู่ขนาน ซึ่งเป็นแบบทดสอบ 2 ฉบับที่มีลักษณะและคุณภาพใกล้เคียงกันมากที่สุดทั้งในด้านเนื้อหา ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ความยากง่าย อำนาจจำแนก ลักษณะข้อสอบ และจำนวนข้อสอบ ไปทดสอบกับนักเรียนหรือผู้ทดสอบกลุ่มเดียวกันในเวลาเดียวกันหรือวันเดียวกัน แล้วนำคะแนนการทดสอบจากแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับมาหาความสัมพันธ์กัน โดยคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation) (พิสนุ พองศรี. 2550: 260; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 124; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 207; เยาวดี รามชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 105-106; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 222; Kubiszyn; & Borich. 1993: 307-309; Mehrens; & Lehmann. 1984: 273) ซึ่งมีสูตรดังต่อไปนี้ (เยาวดี รามชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 106)

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

โดย r_{xy} คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

X คือ คะแนนสอบจากแบบทดสอบฉบับที่ 1

Y คือ คะแนนสอบจากแบบทดสอบฉบับที่ 2

N คือ จำนวนนักเรียนที่สอบทั้งหมด

$\sum$ คือ ผลรวม

2.3.5.4.3 วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (Split-half)

เป็นวิธีการแบ่งครึ่งข้อสอบในแบบทดสอบเป็น 2 ส่วนหรือ 2 ฉบับ ซึ่งวิธีการแบ่งครึ่งข้อสอบที่ดีและสะดวกคือ การแบ่งเป็นข้อคู่และข้อคี่ ทั้งนี้ข้อสอบทั้ง 2 ฉบับจะต้องมีความเป็นคู่ขนานกัน แล้วนำแบบทดสอบทั้งสองฉบับไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกันในเวลาเดียวกัน แต่มีการตรวจให้คะแนนแยกฉบับกัน แล้วนำคะแนนทั้งสองฉบับไปหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (สูตรเดียวกันกับการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบคู่ขนาน) แต่เนื่องจากค่าความเชื่อมั่นที่ได้เป็นค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบครึ่งฉบับ ดังนั้นจึงต้องนำมาคำนวณให้เป็นค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของสเปียร์แมน บราวน์ (Spearman Brown) (พิสนุ ฟองศรี. 2550: 260; ภัทรา นิคมานนท์. 2540: 125; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 209-210; เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 108-109; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 222-223; Kubiszyn; & Borich. 1993: 309-310; Mehrens; & Lehmann. 1984: 275) ซึ่งมีสูตรดังต่อไปนี้ (สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 223)

$$r_{tt} = \frac{2r_{hh}}{1 + r_{hh}}$$

โดย r_{tt} คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

r_{hh} คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบครึ่งฉบับ

2.3.5.4.4 วิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) KR-20 และ KR 21

เป็นการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยการนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบกับนักเรียนเพียงครั้งเดียว และกำหนดวิธีการตรวจให้คะแนนคือ นักเรียนที่ตอบถูกจะให้ 1 นักเรียนที่ตอบผิดจะให้ 0

โดยสูตร KR-20 จะต้องทราบค่าความยากง่ายของข้อสอบ กล่าวคือ ต้องทราบอัตราส่วนของผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นๆ อัตราส่วนของผู้ที่ตอบผิดในข้อนั้นๆ และความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ ดังนั้นสูตร KR-20 จึงสามารถใช้กับแบบทดสอบที่ข้อสอบมีความยากง่ายไม่เท่ากันได้

ส่วนสูตร KR-21 เป็นสูตรที่ดัดแปลงมาจากสูตร KR-20 จะต้องทราบค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนสอบ และความแปรปรวนของคะแนนสอบ มักใช้กับแบบทดสอบที่ข้อสอบมีความยากง่ายเท่ากัน แต่ในความเป็นจริงแล้วเป็นไปได้ยากที่ข้อสอบในแบบทดสอบจะมีความยากง่ายเท่ากัน ดังนั้นสูตร KR-21 จึงมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าสูตร KR-20 ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จากสูตร KR-21 จึงต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่คำนวณได้จากสูตร KR-20 เล็กน้อยแต่อย่างไรก็ตามสูตร KR-21 สามารถคำนวณได้ง่ายและสะดวกกว่าสูตร KR-20 (พิสนุ พงศ์ศรี. 2550: 260-261; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 212; เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. 2552: 110-115; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 223-225; Cunningham. 1986: 107-109; Mehrens; & Lehmann. 1984: 276) ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 223-224)

$$\text{KR-20 : } r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

โดย r_{tt} คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n คือ จำนวนข้อสอบทั้งหมดในแบบทดสอบ

p คือ อัตราส่วนของผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นๆ

q คือ อัตราส่วนของผู้ที่ตอบผิดในข้อนั้นๆ

S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

$$\text{KR-21 } r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\bar{X}(n-\bar{X})}{nS^2} \right]$$

โดย r_{tt} คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n คือ จำนวนข้อสอบทั้งหมดในแบบทดสอบ

$\bar{X}$ คือ คะแนนเฉลี่ยของคะแนนการสอบ

S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

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

โดย S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

N คือ จำนวนนักเรียนที่สอบ

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนของนักเรียนทุกคน

2.3.5.4.5 วิธีการหาค่าแอลฟาของครอนบัค (Cronbach's Alpha)

เป็นวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ดัดแปลงมาจากสูตร KR-20 โดยเป็นวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นสำหรับแบบทดสอบหรือเครื่องมือวัดอื่นๆ ที่วัดมากกว่า 2 ระดับ กล่าวคือ ไม่ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 0 เมื่อตอบผิดและเป็น 1 เมื่อตอบถูก แต่ให้คะแนนเป็นเท่าไรก็ได้ เช่น แบบสอบถามประเภทมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แบบทดสอบความเรียงหรือแบบทดสอบอัตนัย เป็นต้น (พิสนุ พงศ์ศรี. 2550: 261; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 214; ราตรี นันทสุคนธ์. 2555: 252-253; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 225; Kubiszyn; & Borich. 1993: 310-311; Mehrens; & Lehmann. 1984: 277) ซึ่งมีสูตรดังต่อไปนี้ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2549: 215; สมนึก ภัททิยธนี. 2555: 225)

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

โดย α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟาครอนบาค

n คือ จำนวนข้อสอบทั้งหมดในแบบทดสอบ

S_i^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

$$S_i^2 = \frac{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N(N-1)}$$

โดย S_i^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

N คือ จำนวนนักเรียนที่สอบ

X_i คือ คะแนนของนักเรียนแต่ละคนที่ได้จากการตอบคำถามข้อที่ i

3. แรงและกฎการเคลื่อนที่

การเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่มีความสำคัญเพราะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เนื้อหาฟิสิกส์เรื่องอื่นๆ ที่สูงขึ้น (Panprueksa. 2012: 275; Turker. 2005: 5) รวมถึงการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และ เพ็ญจันทร์ ชิงห์. 2550: 49) โดยเฉพาะกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันนั้นเป็นความรู้พื้นฐานที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการเรียนเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เพราะนอกจากจะใช้ในการหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงและการเคลื่อนที่ ยังเป็นพื้นฐานในการเรียนฟิสิกส์เรื่องอื่นๆ เช่น งาน พลังงาน และโมเมนตัมอีกด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553: 88) อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ต่างๆ ในธรรมชาติที่เกิดขึ้นรวมถึงเหตุการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันของเราอีกด้วย (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และ เพ็ญจันทร์ ชิงห์. 2550: 49)

3.1 แนวคิดรวบยอดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

เนื้อหา เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ตามหนังสือเรียนและคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ มีเนื้อหาย่อยดังต่อไปนี้

3.1.1 แรง (Force)

แรงแทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{F}$ เป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่ทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนรูปร่างหรือเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ซึ่งการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่นั้นอาจเปลี่ยนเฉพาะขนาดของความเร็ว เปลี่ยนเฉพาะทิศทางของความเร็ว หรือเปลี่ยนทั้งขนาดและทิศทางของความเร็วเนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง ดังนั้นจึงสามารถใช้วิธีการเขียนรูปลูกศรแทนแรงได้ โดยให้ความยาวของลูกศรแทนขนาดของแรงและหัวลูกศรแทนทิศทางของแรง ทั้งนี้แรงมีหน่วยในระบบ SI เป็นนิวตัน

แรงลัพธ์ (Resultant force or net force) แทนด้วยสัญลักษณ์ $\sum \vec{F}$ เป็นผลรวมของแรง 2 แรงหรือมากกว่าที่มากระทำกับวัตถุเดียวกัน ซึ่งสามารถหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ได้จากการรวมแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุแบบเวกเตอร์ โดยถ้าแรงทั้งหมดที่มากระทำกับวัตถุ

อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันซึ่งอาจจะมีทิศทางเดียวกันหรือตรงข้ามกันก็ได้ เราสามารถหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ได้โดยกำหนดให้แรงที่มีทิศทางตรงข้ามกันมีเครื่องหมายต่างกัน เช่น กำหนดให้แรงที่ชี้ทิศทางขวามือเป็นเครื่องหมายบวก ดังนั้นแรงที่ชี้ทิศทางซ้ายมือต้องเป็นเครื่องหมายลบ เป็นต้น ซึ่งขนาดของแรงลัพธ์จะเท่ากับผลบวกของขนาดของแรงที่มากระทำกับวัตถุในกรณีที่แรงเหล่านั้นมีทิศทางไปทางเดียวกันและทิศทางของแรงลัพธ์จะมีทิศทางเดียวกับแรงที่มากระทำกับวัตถุ หรือขนาดของแรงลัพธ์จะเท่ากับผลต่างของขนาดของแรงที่มากระทำกับวัตถุในกรณีที่แรงเหล่านั้นมีทิศทางตรงข้ามกันและทิศทางของแรงลัพธ์จะมีทิศทางเดียวกับแรงที่มีขนาดมากกว่า นอกจากนี้ถ้าแรงที่มากระทำกับวัตถุมีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้ามกัน แรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับศูนย์ และวัตถุอยู่ในสภาพสมดุล

3.1.2 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันในกรณีที่ทิศทางของแรงที่มากระทำกับวัตถุไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกัน (แรงกระทำมุมกัน) สามารถหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ได้ด้วยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยม สร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน หรือการคำนวณ

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการสร้างรูปสามเหลี่ยม ทำได้โดยการนำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง จากนั้นจึงเขียนลูกศรโดยหางลูกศรที่เขียนจะบรรจบกับหางลูกศรของแรงแรก และหัวลูกศรที่เขียนจะบรรจบกับหัวลูกศรของแรงที่สอง ซึ่งลูกศรที่เขียนจะแสดงขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ทำได้โดยการนำหางลูกศรของแรง 2 แรงมาต่อกัน แล้วทำการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน โดยให้ด้าน 2 ด้านที่สร้างขึ้นมาใหม่ขนานกับด้านเดิมทั้งสอง จากนั้นจึงเขียนลูกศรตามแนวเส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมด้านขนานโดยหางลูกศรที่เขียนลากออกจากจุดที่หางลูกศรของแรงที่กระทำกับวัตถุต่อกัน และหัวลูกศรที่เขียนจะอยู่ที่มุมทแยงมุมตรงข้าม ซึ่งลูกศรที่เขียนจะแสดงขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการคำนวณ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 แรงสองแรงทำมุมกันเป็นมุมฉาก โดยแรงที่ 1 กำหนดสัญลักษณ์เป็น $\vec{F}_a$ แรงที่ 2 กำหนดสัญลักษณ์เป็น $\vec{F}_b$ ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาดของแรงลัพธ์ ($\Sigma \vec{F}$) ได้ด้วยทฤษฎีของพีทาโกรัส ตามสมการ $\vec{F}^2 = \vec{F}_a^2 + \vec{F}_b^2$ กรณีที่ 2 แรงสองแรงทำมุมกันไม่เป็นมุมฉาก ให้ใช้วิธีแยกแรงออกเป็นแรงย่อยที่ตั้งฉากกันเสียก่อนแล้วจึงคำนวณหาแรงลัพธ์ด้วยทฤษฎีของพีทาโกรัส

3.1.3 กฎการเคลื่อนที่

3.1.3.1 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Newton's first law of motion)

กล่าวว่า วัตถุคงสภาพหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวเส้นตรงเมื่อแรงลัพธ์ ($\Sigma \vec{F}$) ที่มากระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ เขียนสมการได้เป็น $\Sigma \vec{F} = 0$ ลักษณะเช่นนี้เป็นไปตามกฎของความเฉื่อย (Law of inertia)

3.1.3.2 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน (Newton's second law of motion)

กล่าวว่าเมื่อแรงลัพธ์ ($\Sigma \vec{F}$) ซึ่งมีขนาดไม่เท่ากับศูนย์มากระทำกับวัตถุ

จะทำให้วัตถุเกิดความเร่ง ($\vec{a}$) ในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากกระทำ โดยขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ (m) เขียนสมการได้เป็น $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$ โดยมวลจะแสดงปริมาณสารของวัตถุนั้นและเป็นความสามารถของวัตถุในการต้านการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ มวลเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยในระบบ SI คือ กิโลกรัม

3.1.3.3 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน (Newton's third law of motion)

กล่าวว่าเมื่อวัตถุคู่หนึ่งๆ ออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน จะเกิดแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากัน (Action = Reaction) แต่ทิศทางตรงกันข้ามเสมอ โดยแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาที่เป็นคู่กันจะกระทำกับวัตถุคนละก้อนที่เป็นคู่กัน ไม่ว่าวัตถุทั้งสองจะสัมผัสกันหรือไม่ก็ตาม เช่น แรงดึงดูดที่โลกกระทำกับดวงจันทร์เป็นแรงกิริยา ดังนั้นแรงดึงดูดที่ดวงจันทร์กระทำกับโลกก็จะเป็นแรงปฏิกิริยา เป็นต้น

3.1.4 น้ำหนัก (Weight)

น้ำหนัก คือแรงดึงดูดของโลกที่กระทำกับวัตถุ มีทิศเดียวกับความเร่งโน้มถ่วง ($\vec{g}$) เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยในระบบ SI เป็นนิวตัน สามารถคำนวณได้จากสมการ $\vec{W} = m \vec{g}$ โดย m คือ มวลของวัตถุ ทั้งนี้ถ้าความเร่งโน้มถ่วงมีค่าเปลี่ยนไปจะทำให้น้ำหนักของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปด้วย เช่น กรณีที่วัตถุอยู่บนดาวเคราะห์ดวงอื่น เป็นต้น

3.1.5 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน (Newton's law of gravitation)

กล่าวว่าวัตถุทั้งหลายในเอกภพจะดึงดูดซึ่งกันและกัน โดยขนาดของแรงดึงดูดระหว่างวัตถุคู่หนึ่งๆ จะแปรผันตรงกับผลคูณระหว่างมวลของวัตถุทั้งสองและแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสองตามสมการ

$$F_G = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

โดย F_G คือ ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวล

G คือ ค่าคงตัวโน้มถ่วงสากล ซึ่งจะมีค่าคงตัวไม่ว่าจะเป็นการดึงดูดกันระหว่างวัตถุใดๆ ในเอกภพ มีค่าเท่ากับ $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$

m_1 คือ มวลของวัตถุก้อนที่ 1

m_2 คือ มวลของวัตถุก้อนที่ 2

R คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสอง

สนามโน้มถ่วงโลก (Earth gravitational field) คือ สนามของแรงที่โลกแผ่ออกไปรอบๆ เป็นปริมาณเวกเตอร์ แทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{g}$ สนามโน้มถ่วงโลกทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อ

มวลของวัตถุทั้งหลาย แรงดึงดูดนี้เรียกว่า แรงโน้มถ่วงของโลก (Earth gravitational force) ซึ่งขนาดและทิศทางของสนามโน้มถ่วงโลกที่ตำแหน่งใดๆ หาได้จากแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุมวลหนึ่งหน่วย เช่น วางวัตถุมวล 10 กิโลกรัมไว้บนผิวโลก วัตถุถูกแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำด้วยแรง 98 นิวตันในทิศเข้าหาศูนย์กลางของโลก ดังนั้นสนามโน้มถ่วงโลกจึงมีขนาด 9.8 นิวตันต่อกิโลกรัมในทิศเข้าหาศูนย์กลางของโลก

ความเร่งโน้มถ่วงของโลก ($\bar{g}$) มีค่าเท่ากับสนามโน้มถ่วงโลกโดยความเร่งโน้มถ่วงของโลก ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลกจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากศูนย์กลางของโลก โดยค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกจะมีค่าลดลงเมื่ออยู่ในตำแหน่งห่างจากโลกเพิ่มขึ้น

วัตถุอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก (weightlessness) หมายถึง วัตถุที่มีน้ำหนักน้อยมากจนเกือบเป็นศูนย์ เมื่อวัตถุนั้นอยู่ห่างจากโลกและดาวดวงอื่นๆ มากๆ นอกจากนี้วัตถุที่ตกแบบเสรีจะไม่มีแรงเนื่องจากการที่วัตถุตกพื้น วัตถุจะอยู่ในสภาพเสมือนไร้น้ำหนัก (Apparent weightlessness)

3.1.6 แรงเสียดทาน (Frictional force)

แรงเสียดทาน คือ แรงที่พยายามต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\bar{f}$ แรงเสียดทานมีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือตรงข้ามกับทิศที่วัตถุพยายามจะเคลื่อนที่เมื่อพิจารณา ณ จุดสัมผัสและเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่งๆ เมื่อพิจารณาในกรณีที่วัตถุหนึ่งวางอยู่บนอีกวัตถุหนึ่ง โดยแรงเสียดทานแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ โดยแรงเสียดทานสถิต (Static friction) แทนด้วยสัญลักษณ์ $\bar{f}_s$ เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะที่มีแรงมากระทำกับวัตถุแต่วัตถุยังคงหยุดนิ่ง มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางที่วัตถุพยายามเคลื่อนที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณของสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิต (Coefficient of static friction) แทนด้วยสัญลักษณ์ μ_s กับแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉาก เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ N ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตขึ้นอยู่กับชนิดของผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่งๆ โดยแรงเสียดทานสถิตมีค่าสูงสุดเมื่อวัตถุกำลังจะเคลื่อนที่ เรียกว่า แรงเสียดทานสถิตสูงสุด เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\bar{f}_{s \max}$ สำหรับแรงเสียดทานจลน์ (Kinetic friction) แทนด้วยสัญลักษณ์ $\bar{f}_k$ เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุกำลังเคลื่อนที่ มีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณของสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์ (Coefficient of kinetic friction) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ μ_k กับแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉาก เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ N ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ขึ้นอยู่กับชนิดของผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่งๆ

3.2 แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

จากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมและสรุปแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยแบ่งตามมโนติได้ดังนี้

3.2.1 มโนติที่ 1 แรง

3.2.1.1 สิ่งมีชีวิตเท่านั้นที่สามารถออกแรงกระทำกับวัตถุได้ และสิ่งไม่มีชีวิต เช่น โต๊ะ เก้าอี้ เป็นต้น ไม่สามารถออกแรงกระทำกับวัตถุได้

3.2.1.2 เมื่อนำแรงหลายแรงที่กระทำกับวัตถุมาหักล้างกันจะเหลือแรงสุดท้ายเพียง

แรงเดียวที่เรียกว่า แรงลัพธ์

3.2.1.3 แรงลัพธ์ คือ ผลรวมของแรงย่อยที่กระทำกับวัตถุ โดยไม่คำนึงถึงทิศทางของแรงย่อย

3.2.1.4 แรงที่มากที่สุดจะเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่เสมอ

3.2.1.5 ขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงสองแรงจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน

3.2.1.6 ขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงสองแรงจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกัน

3.2.1.7 ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับผลรวมของทิศทางแรง

3.2.2 มโนมติที่ 2 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน

3.2.2.1 การบวกลบเวกเตอร์ของแรงไม่จำเป็นต้องนำมุมระหว่างเวกเตอร์ของแรงมาพิจารณา

3.2.2.2 มุมระหว่างทิศของแรงกับแนวการเคลื่อนที่ ไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3.2.3 มโนมติที่ 3 กฎการเคลื่อนที่ของที่ 1 ของนิวตัน

3.2.3.1 วัตถุที่อยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง แสดงว่าไม่มีแรงใดๆ มากระทำกับวัตถุ

3.2.3.2 วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว จะมีแรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุที่มีค่าคงที่ที่ความเร็วนั้นและทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่

3.2.4 มโนมติที่ 4 กฎการเคลื่อนที่ของที่ 2 ของนิวตัน

3.2.4.1 ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีค่าคงที่ ความเร่งจะแปรผันตรงกับมวลของวัตถุ

3.2.4.2 แรงไม่มีผลต่อความเร่ง

3.2.4.3 เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุไม่เท่ากัน ความเร่งของวัตถุก็จะไม่เท่ากัน

3.2.4.4 เมื่อมวลของวัตถุไม่เท่ากัน ความเร่งของวัตถุก็จะไม่เท่ากันเสมอ

3.2.4.5 เมื่อมวลและแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุไม่เท่ากัน ความเร่งของวัตถุก็จะไม่เท่ากันเสมอ

3.2.4.6 ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีค่ามากกว่าศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

3.2.4.7 ความเร่งของวัตถุเกิดจากการเพิ่มขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุเท่านั้น

3.2.4.8 วัตถุที่มีขนาดใหญ่จะต้องออกแรงในการเคลื่อนที่มากกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็กเพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากัน

3.2.5 มโนมติที่ 5 กฎการเคลื่อนที่ของที่ 3 ของนิวตัน

3.2.5.1 วัตถุที่มีมวลมากกว่าจะออกแรงกระทำมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย

3.2.5.2 เมื่อเราดันโต๊ะให้เคลื่อนที่ได้ แสดงว่าแรงที่เรากระทำต่อโต๊ะมากกว่าแรงที่โต๊ะกระทำต่อเรา

3.2.5.3 แรงกิริยา-ปฏิกิริยา คือ แรงสองแรงที่มีขนาดเท่ากัน กระทำกับวัตถุกันเดียวกันในทิศทางตรงกันข้าม

3.2.5.4 แรงปฏิกิริยาที่พื้นราบกระทำต่อวัตถุ มีค่าไม่เท่ากับแรงกิริยาที่วัตถุกระทำต่อพื้นราบ โดยแรงทั้งสองมีทิศตรงข้ามกัน

3.2.5.5 แรงกิริยาลบด้วยแรงปฏิกิริยาจะมีแรงลัพธ์เท่ากับศูนย์

3.2.5.6 วัตถุจะเคลื่อนที่ได้ก็ต่อเมื่อแรงกิริยามีทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่และมีขนาดมากกว่าแรงปฏิกิริยา ดังเห็นได้จากการที่นักเรียนอธิบายว่า ถ้าต้องการให้วัตถุเคลื่อนที่จะต้องออกแรงกระทำกับวัตถุให้มากกว่าแรงเสียดทานโดยนักเรียนเข้าใจว่าแรงที่กระทำกับวัตถุคือแรงกิริยาและแรงเสียดทาน คือ แรงปฏิกิริยา

3.2.6 มโนมติที่ 6 น้ำหนัก

3.2.6.1 น้ำหนักของวัตถุเป็นตัวบอกค่าความเนือยของวัตถุ

3.2.6.2 น้ำหนักเป็นปริมาณสเกลาร์

3.2.6.3 น้ำหนักมีหน่วยเป็นนิวตัน

3.2.7 มโนมติที่ 7 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

3.2.7.1 วัตถุที่มีมวลน้อยจะถูกแรงดึงดูดระหว่างมวลกระทำน้อยกว่าวัตถุที่มีมวลมาก

3.2.7.2 วัตถุที่มีมวลน้อยจะต้องออกแรงดึงดูดปริมาณมากกระทำกับวัตถุที่มีมวลมากเพื่อให้เกิดสมดุลของแรง

3.2.8 มโนมติที่ 8 แรงเสียดทาน

3.2.8.1 นักเรียนไม่สามารถระบุทิศทางของแรงเสียดทานได้

3.2.8.2 นักเรียนไม่ตระหนักถึงการมีอยู่ของแรงเสียดทาน

3.2.8.3 แรงเสียดทานสถิตมีเพียงค่าเดียว

3.2.8.4 นักเรียนไม่เข้าใจแรงเสียดทานสถิตสูงสุด

3.2.8.5 ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุที่หยุดนิ่งบนพื้นราบ และวัตถุยังคงหยุดนิ่งต่อไป แสดงว่าไม่มีแรงเสียดทานกระทำต่อวัตถุ

3.2.8.6 ค่าแรงเสียดทานขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของวัตถุ

3.2.8.7 ถ้ามีแรง 10 นิวตันมากระทำกับวัตถุที่หยุดนิ่งบนพื้นราบ และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง แสดงว่าแรงเสียดทานที่กระทำกับวัตถุนั้นต้องมากกว่า 10 นิวตัน

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่านักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่จำนวนมาก (เกียรตินิธิ บำรุงไร่. 2553: 126-127; ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และ เพ็ญจันทร์ ชิงห์. 2550: 53-59; จิรวัดณ์ จวนทองรักษ์. 2546: 36; นิคม บุญทอง. 2542: 77-79; Alwan. 2011: 601; citing Elwan, Almahdi. 2004. *Journal of ADERASAT, International Centre for Studies and Research of the Green Book*. 16; Demirci. 2005: 42-43; Hancer; & Durkan. 2008: 48-49, Panprueksa. 2012: 278)

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่ทำการสร้างและ/หรือวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัย

4.1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

สำหรับการวินิจฉัยแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยในประเทศไทยนั้นยังไม่มีเป็นที่แพร่หลายหรือใช้อย่างกว้างขวาง (ศิริเดช สุชีวะ. 2546: 260) ทั้งนี้จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยในประเทศที่ทำการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยนั้น พบว่า ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยที่ใช้มักเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น แต่ไม่พบบางงานวิจัยที่ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นและแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น ซึ่งจะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

นิคม ทองบุญ (2542) ได้ทำการศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2540 จังหวัดพัทลุง จำนวน 299 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางฟิสิกส์ซึ่งเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น จำนวน 40 ข้อ และทำการเปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนชายกับนักเรียนหญิง และเปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างโรงเรียนต่างขนาดกัน พบว่า ในภาพรวมนักเรียนจำนวนร้อยละ 72.76 มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนจากจำนวนมโนคติทั้งหมด 16 มโนคติ และเมื่อเปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนชายกับนักเรียนหญิง พบว่า นักเรียนชายกับนักเรียนหญิงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จำนวน 14 มโนคติ และอีก 2 มโนคติพบว่านักเรียนชายกับนักเรียนหญิงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนชายมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนสูงกว่านักเรียนหญิง นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างโรงเรียนต่างขนาดกันพบว่า นักเรียนที่เรียนในโรงเรียนขนาดต่างกันมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จำนวน 10 มโนคติ และอีก 6 มโนคติพบว่า นักเรียนที่เรียนในโรงเรียนขนาดต่างกันมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังนั้นเพื่อให้ทราบว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใดบ้างที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันจึงทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของ เชฟเฟ โดยรวมพบว่า นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดเล็ก และนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนระหว่างโรงเรียนขนาดอื่นๆ มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สุภาพร อินบุญนะ (2542) ได้ทำการศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง กรด-เบส กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2540 จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 344 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติทางเคมีซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น จำนวน 35 ข้อ และเปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างเพศชายและเพศหญิง และระหว่าง

โรงเรียนต่างขนาดกัน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง กรด-เบส ในทุกมโนคติที่ทำการศึกษา และในภาพรวมนักเรียนหญิงและนักเรียนชายมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักเรียนชายมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกันมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ

สุทธิดา จำรัส (2552) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจเรื่อง โครงสร้างอะตอมของนักเรียนที่มีประสบการณ์การเรียนรู้แตกต่างกัน โดยใช้แบบวัดแนวคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอม (Atomic structure concept test หรือ ASCT) ซึ่งเป็นแบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้น จำนวน 24 ข้อ (24 มโนคติ) โดยได้ทำการศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐบาล ขนาดใหญ่พิเศษ 3 แห่งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยในปีการศึกษา 2549 ได้ทำการทดสอบความเข้าใจของนักเรียนที่เรียนเรื่อง โครงสร้างอะตอมมาแล้วด้วยวิธีการสอนแบบดั้งเดิมจำนวน 137 คน และในปีการศึกษา 2550 ได้ทำการทดสอบความเข้าใจของนักเรียนจำนวน 143 คน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based approach) พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีแนวคิดทางเลือก 18 แนวคิด มีการจดจำแนวคิด 5 แนวคิด และมีความเข้าใจในแนวคิดที่ถูกต้องและสามารถให้เหตุผลได้เพียง 1 แนวคิด และหลังเรียนพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบดั้งเดิมส่วนใหญ่ใช้วิธีการจดจำแนวคิด 11 แนวคิด มีแนวคิดทางเลือก 7 แนวคิด และมีความเข้าใจในแนวคิดที่ถูกต้องและสามารถให้เหตุผลได้ 6 แนวคิด ส่วนนักเรียนที่เรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีแนวคิดที่ถูกต้องและสามารถให้เหตุผลได้ 15 แนวคิด ใช้วิธีการจดจำ 6 แนวคิด และมีแนวคิดทางเลือก 3 แนวคิด ดังนั้นจึงสามารถแบ่งนักเรียนได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีความเข้าใจในแนวคิดที่ถูกต้องและสามารถให้เหตุผลได้ กลุ่มที่ใช้วิธีการจดจำแนวคิด และกลุ่มที่มีแนวคิดทางเลือก โดยนักเรียนมีแนวโน้มที่จะจดจำเนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมมากกว่าทำความเข้าใจเหตุผลและที่มาของความรู้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการพัฒนาระบวนการคิด

4.1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

สำหรับงานวิจัยต่างประเทศที่ทำการวินิจัยการเรียนรู้ของนักเรียนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวินิจัย มีทั้งใช้แบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้น แบบทดสอบวินิจัยสามลำดับขั้น และแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น ซึ่งจะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

4.1.2.1 งานวิจัยที่วินิจัยการเรียนรู้ของนักเรียนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้น

ไทและโจว (Tsai; & Chou. 2002) ได้ทำการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำหนัก (Weight) เสียง (Sound) และความร้อนและแสง (Heat and light) โดยใช้แบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้นแบบออนไลน์ (Networked two tier test system)

กับนักเรียนเกรด 8 ที่ยังไม่เคยเรียนเรื่องที่ทำทดสอบมาก่อน จำนวน 555 คน และนักเรียนเกรด 10 ที่เรียนเรื่องที่ทำทดสอบมาแล้วด้วยการสอนแบบดั้งเดิม จำนวน 599 คน โดยนักเรียนทั้งหมดเป็นนักเรียนในประเทศไต้หวัน ซึ่งเหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้นแบบออนไลน์ เนื่องจากสามารถวินิจฉัยแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้เป็นจำนวนมากอย่างมีประสิทธิภาพและกว้างขวางหลายพื้นที่ ซึ่งจากผลการวินิจฉัยเรื่อง น้ำหนัก เสียง ความร้อน และแสง พบว่า นักเรียนเกรด 8 ตอบถูก ร้อยละ 8, ร้อยละ 38 และร้อยละ 16 ตามลำดับ ส่วนนักเรียนเกรด 10 ตอบถูก ร้อยละ 12, ร้อยละ 58 และร้อยละ 19 ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนเกรด 8 และเกรด 10 ในแต่ละเรื่องโดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square) พบว่า เรื่องน้ำหนักและเรื่องความร้อนและแสง นักเรียนตอบถูกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เรื่องเสียงนักเรียนตอบถูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จากผลการวินิจฉัยนักเรียนพบว่า นักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนแม้ว่าจะผ่านการเรียนรู้เนื้อหาทั้ง 3 เรื่องแล้ว แสดงให้เห็นว่าการสอนแบบดั้งเดิมจะทำให้นักเรียนยังคงมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่

ทูยสุซ (Tuysuz, 2009) ได้ทำการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้น เรื่อง การแยกสสาร จำนวน เพื่อใช้ทดสอบความเข้าใจและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งเป็นนักเรียนจาก Anatolian Hotel and Tourism Occupational High School เกรด 9 ปีการศึกษา 2006-2007 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 141 คน จากผลการทดสอบพบว่า นักเรียนร้อยละ 34 ไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่างสารเนื้อเดียวกับสารเนื้อผสม เช่น นักเรียนคิดว่าน้ำเกลือเป็นการผสมกันระหว่างของเหลวกับของแข็งดังนั้นจึงสามารถแยกได้ด้วยการกรอง เป็นต้น นักเรียนร้อยละ 52 ไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่างธาตุ สารประกอบ และสารผสม ดังนั้นนักเรียนจึงไม่เข้าใจความแตกต่างของวิธีการในการแยกสารต่างๆ เหล่านี้ และไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างวิธีทางเคมีและวิธีทางกายภาพได้ นักเรียนร้อยละ 69 ไม่เข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของสาร เช่น นักเรียนเข้าใจว่าการแยกน้ำกับเอทิลแอลกอฮอล์จะต้องใช้คุณสมบัติด้านความหนาแน่นและการละลาย เป็นต้น นักเรียนร้อยละ 71 ไม่เข้าใจการแยกสารผสมที่ประกอบด้วยส่วนประกอบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป นอกจากนี้แล้วผู้วิจัยยังได้ทำการเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบทดสอบแบบเลือกตอบแบบดั้งเดิม (Traditional multiple choice test) กับแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้น (Two tier diagnostic test) พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบแบบเลือกตอบดั้งเดิมมีค่าสูงกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจาก 1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบดั้งเดิมมี 5 ตัวเลือกดั้งนั้นโอกาสที่นักเรียนจะเดาคำตอบได้ถูกต้องมีถึงร้อยละ 20 แต่แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้นนั้นมีตัวเลือกส่วนของคำตอบของคำถาม (A-tier) 5 ตัวเลือก และตัวเลือกในส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) 5 ตัวเลือก โดยนักเรียนจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้งส่วน A-tier และส่วน R-tier ดังนั้นโอกาสที่นักเรียนจะเดาคำตอบได้ถูกต้องมีเพียงร้อยละ 4 เท่านั้น 2) การสอบโดยส่วนใหญ่ใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบดั้งเดิม ดังนั้นนักเรียนจึงรู้เทคนิคการแก้ปัญหาแทนการเรียนรู้เนื้อหา นักเรียนจึงสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องโดยที่ไม่รู้ว่าการเดาคำตอบนั้นจึงถูกต้อง 3) ในการเรียนในห้องเรียนนั้นจะเรียนพุทธิพิสัยขั้นพื้นฐาน แต่ในการทดสอบ

ด้วยแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้นจะวัดพุทธิพิสัยขั้นสูงซึ่งอาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสนได้ เพราะนักเรียนจะใช้วิธีการจำเนื้อหาความรู้เท่านั้น 4) เนื่องจากนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนทำให้นักเรียนตอบผิดเพราะแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้น ชั้นที่สองจะวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้นมีประสิทธิภาพในการวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

เบย์รัก (Bayrak. 2013) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง กรด-เบส กับนักเรียนเกรด 8 ปี 2009-2010 จำนวน 56 คน โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้น จำนวน 15 ข้อ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนยังไม่ค่อยเข้าใจในแนวคิดเรื่อง กรด-เบส และมีนักเรียนบางคนที่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง กรด-เบส นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเฉพาะในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) กับทั้งส่วนของคำตอบของคำถามและส่วนของเหตุผลของคำตอบ (A+R-tier) พบว่า ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกเฉพาะในส่วนของคำตอบของคำถามมีมากกว่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกทั้งสองส่วน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนมีการเรียนรู้แบบไม่มีความหมาย เรียนรู้แบบผิวเผิน และเรียนรู้แบบท่องจำทำให้นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ว่าทำไมคำตอบนั้นจึงถูก

4.1.2.2 งานวิจัยที่วินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้น

เตอร์เกอร์ (Turker. 2005) ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้นเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ จำนวน 16 ข้อ เพื่อใช้ในการวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (เกรด 11) โดยกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (เกรด 11) จำนวน 3 โรงเรียนในเมืองแอนการา (Ankara) ประเทศตุรกี จำนวน 207 คน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามวิจัยไว้หลายข้อซึ่งผลการศึกษาพบว่า ค่าคะแนนแนวคิดที่ถูกต้องส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และค่าคะแนนส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) กับระดับความมั่นใจในคำตอบ (C-tier) ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ, ค่าคะแนนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และค่าคะแนนส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) กับระดับความมั่นใจในคำตอบมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01, คะแนนแนวคิดที่ถูกต้องทั้งสามส่วนมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.48, คะแนนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนทั้งสามส่วนมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.62 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่ตอบถูกในแต่ละส่วนได้แก่ เฉพาะส่วน A-tier, เฉพาะส่วน A-tier และ R-tier, และทั้งส่วนของ A-tier, R-tier และ C-tier พบว่าได้ค่าเฉลี่ยร้อยละ 23, 15 และ 12 ตามลำดับ ดังนั้นจะพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่ตอบถูกจะลดลงเมื่อระดับชั้นของคำถามเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของส่วนของ A-tier, R-tier และ C-tier กับค่าเฉลี่ยร้อยละของส่วนของ A-tier และ R-tier พบว่ามีความแตกต่างกันร้อยละ 3 ซึ่งแสดงถึงร้อยละของการขาดความมั่นใจ (Lack of confidence) และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของส่วนของ A-tier และ R-tier กับค่าเฉลี่ยร้อยละของส่วนของ A-tier พบว่ามีความแตกต่างกันร้อยละ 8 ซึ่งแสดงถึงร้อยละ

ของนักเรียนที่ตอบถูกแต่ไม่มีความรู้ (False positive) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยร้อยละของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในแต่ละส่วนได้แก่ เฉพาะส่วน A-tier, เฉพาะส่วน A-tier และ R-tier, และทั้งส่วนของ A-tier, R-tier และ C-tier พบว่าได้ค่าเฉลี่ยร้อยละ 41, 27 และ 21 ตามลำดับ ดังนั้นจะพบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจะลดลงเมื่อระดับขั้นของคำถามเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของส่วนของ A-tier, R-tier และ C-tier กับค่าเฉลี่ยร้อยละของส่วนของ A-tier และ R-tier พบว่ามีความแตกต่างกันร้อยละ 6 ซึ่งแสดงถึงร้อยละของการขาดความรู้ (Lack of knowledge) และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของส่วนของ A-tier และ R-tier กับค่าเฉลี่ยร้อยละของส่วนของ A-tier พบว่ามีความแตกต่างกันร้อยละ 14 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนในการวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน โดยในความจริงแล้วร้อยละคำตอบผิดจากนักเรียนที่มีความรู้ (False negative) คือ 6 และอีกร้อยละ 8 ที่เหลือคือ ร้อยละของคำตอบที่ไม่สอดคล้องกัน

เพสแมนและอีรายอิลเทซ (Pesman; & Eryilmaz. 2010) ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จำนวน 12 ข้อ เพื่อวัดความเข้าใจเรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของนักเรียน โดยนักเรียนที่ทำการทดสอบคือ นักเรียนเกรด 9 ในเมืองแอนการา (Ankara) ประเทศตุรกี จำนวน 124 คน ซึ่งจากการวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค พบว่าแบบทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟาครอนบาค 0.69 นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนแนวคิดที่ถูกต้องส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และค่าคะแนนส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) กับระดับความมั่นใจในคำตอบ (C-tier) พบว่าทั้งสองส่วนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 หมายความว่า ข้อสอบของแบบทดสอบวินิจฉัยนี้สามารถวัดได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งผู้วิจัยยังได้ทำการสร้างสแคตเตอร์แกรม (Scattergram) ระหว่างคะแนนที่นักเรียนตอบถูกทั้งส่วน A-tier และ R-tier กับคะแนนส่วนของ C-tier พบว่า มีนักเรียนบางคนที่มีมั่นใจในคำตอบสูงแต่ได้คะแนนต่ำ นั่นหมายความว่านักเรียนเหล่านั้นมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน รวมทั้งยังหาค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกแต่ไม่มีความรู้ (False positive), ค่าเฉลี่ยร้อยละคำตอบผิดจากนักเรียนที่มีความรู้ (False negative) และค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge) พบว่ามีค่าร้อยละ 10.3, 4.1 และ 35.5 ตามลำดับ

ดินดาร์และจีบัน (Dindar; & Geban. 2011) ได้ทำการพัฒนาความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นเรื่อง กรด-เบส เพื่อใช้ในการวัดความเข้าใจในแนวคิดเรื่อง กรด-เบสของนักเรียน โดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (เกรด 12) ของโรงเรียนมัธยมศึกษาในแอนการา (Ankara) ภาคเรียนที่ 1 ปี 2009-2010 ซึ่งเป็นนักเรียนที่เคยเรียนเรื่อง กรด-เบสมาแล้ว โดยกลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มสำหรับการสัมภาษณ์ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มสำหรับทดสอบด้วยแบบทดสอบคำถามปลายเปิด (Open-ended question) กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มสำหรับทดสอบด้วยแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น โดยแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นประกอบด้วยส่วนที่ 1 คือ ส่วนของคำตอบของคำถาม

ส่วนที่ 2 คือ ส่วนของเหตุผลของคำตอบ และส่วนที่ 3 คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วนที่ 1 และ 2 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของส่วนที่ 1 และ 2 กับคะแนนระดับความมั่นใจในคำตอบ (ส่วนที่ 3) พบว่า นักเรียนมีคะแนนตอบถูกในส่วนที่ 1 และ 2 มากกว่าระดับความมั่นใจในคำตอบ แต่มีนักเรียนบางคนที่มีคะแนนตอบถูกในส่วนที่ 1 และ 2 น้อยแต่มีระดับความมั่นใจในคำตอบมากนั้นหมายความว่านักเรียนกลุ่มนี้มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach alpha coefficient) ของคะแนนส่วนที่ 1, คะแนนส่วนที่ 1 และ 2, และคะแนนส่วนที่ 1, 2 และ 3 พบว่าค่าความเชื่อมั่นแอลฟาครอนบาคเท่ากับ 0.58, 0.59 และ 0.72 ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการวัดทั้งสามขั้นตอนจะมีความเชื่อมั่นมากกว่าการวัดด้วยขั้นตอนเดียวหรือสองขั้นตอน นอกจากนี้แล้วแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นยังสามารถนำไปใช้ในการวัดความเข้าใจของนักเรียนได้อย่างง่ายและรวดเร็วกับนักเรียนกลุ่มใหญ่

4.1.2.3 งานวิจัยที่วินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น

จากการสืบค้นงานวิจัยต่างประเทศที่ทำการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นพบเพียง 1 งานวิจัย ได้แก่ งานวิจัยของคาเลออนและซุบรามานิยม (Caleon; & Subramaniam. 2009) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง คลื่น จากแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นโดยการเพิ่มระดับความมั่นใจ (Level of confidence) ในคำตอบทั้งในส่วนของคำตอบของคำถามและส่วนของเหตุผลของคำตอบ โดยแบ่งระดับความมั่นใจออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ เต่า, ไม่มั่นใจมาก, ไม่มั่นใจ, มั่นใจ, มั่นใจมาก และมั่นใจที่สุด เพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง คลื่น กับนักเรียนเกรด 9 และ 10 ของโรงเรียนที่เรียนตามหลักสูตรที่กระทรวงการศึกษาของประเทศสิงคโปร์ กำหนดจำนวน 598 คน ทั้งนี้ลักษณะข้อสอบร้อยละ 70 เป็นเนื้อหาที่นักเรียนคุ้นเคย (Familiar) ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ปรากฏอยู่ในบทเรียน และอีกร้อยละ 30 เป็นเนื้อหาที่นักเรียนไม่คุ้นเคย (Less familiar) ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ไม่ปรากฏอยู่ในบทเรียน แต่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยการทดสอบนั้นจะทำการทดสอบเมื่อนักเรียนเรียนเรื่องคลื่นผ่านไปแล้วอย่างน้อย 6 สัปดาห์ เมื่อทำการทดสอบนักเรียนเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้น 3 สัปดาห์ จะทำการสัมภาษณ์ตัวแทนนักเรียน 13 คนและทดสอบ (retest) ตัวแทนนักเรียน 148 คน เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นในการตอบระหว่าง test กับ retest ซึ่งจากผลการทดสอบสรุปได้ว่า ข้อสอบมีความยากถึง 0.23 ทำให้ค่าคะแนนเฉลี่ยโดยรวมของนักเรียนมีค่าเพียง 2.75 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน และมีนักเรียนถึงร้อยละ 91 ที่ทำคะแนนได้ไม่ถึง 6 คะแนน และจากการสัมภาษณ์นักเรียน นักเรียนให้ข้อมูลว่าแบบทดสอบวินิจฉัยมีความยากมากกว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์โดยทั่วไป นอกจากนี้เมื่อพิจารณาข้อสอบที่มีลักษณะเป็นคำถามที่นักเรียนคุ้นเคยกับคำถามที่นักเรียนไม่คุ้นเคย พบว่า นักเรียนจะตอบถูกเมื่อเป็นคำถามที่มีความคุ้นเคยมากกว่าคำถามที่ไม่คุ้นเคยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และนักเรียนจะมีความมั่นใจในคำตอบของคำถาม

ที่คุ้นเคยมากกว่าคำถามที่ไม่คุ้นเคยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้มีข้อสอบ 5 ข้อที่นักเรียนมั่นใจในคำตอบที่ผิดมากกว่ามั่นใจในคำตอบที่ถูกต้อง โดยมักเป็นข้อสอบที่นักเรียนไม่คุ้นเคย ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนจึงมีแนวโน้มความสามารถในการแยกสิ่งที่ยังไม่รู้และสิ่งที่นักเรียนไม่รู้ได้ต่ำ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระดับความมั่นใจในคำตอบของส่วนของคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) แล้ว พบว่า นักเรียนร้อยละ 57 มีระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน A-tier เท่ากับส่วน R-tier ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนให้เหตุผลว่า ตัวเลือกของส่วน A-tier และส่วน R-tier มีความสอดคล้องกัน สามารถประยุกต์คำตอบจากส่วน A-tier ไปตอบในส่วน R-tier ได้ และนักเรียนร้อยละ 33 มีระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน A-tier มากกว่าส่วน R-tier ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนให้เหตุผลว่า เพราะนักเรียนสามารถดึงเอาความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาจากความจำมาตอบได้ แต่ไม่เข้าใจหลักการ ทฤษฎี จึงไม่มั่นใจในคำตอบส่วน R-tier และนักเรียนร้อยละ 10 มีระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน A-tier น้อยกว่าส่วน R-tier ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนให้เหตุผลว่าเพราะนักเรียนจำหลักการ ทฤษฎีจากหนังสือได้ แต่ไม่สามารถประยุกต์ความจำจากหลักการ ทฤษฎีไปตอบตัวเลือกส่วน A-tier ได้ ดังนั้นจึงเห็นได้ว่านักเรียนเกือบครึ่งหนึ่งที่มีระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน A-tier และส่วน R-tier แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นในการทดสอบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ผู้วิจัยระบุว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมี 2 ลักษณะ คือ แนวคิดคลาดเคลื่อนที่แท้จริง (Genuine alternative conception) เกิดจากการที่นักเรียนตอบผิดและมีความมั่นใจในคำตอบมากกว่า 3.50 และแนวคิดคลาดเคลื่อนไม่แท้จริง (Spurious alternative conception) หรือการขาดความรู้ (Lack of knowledge) เกิดจากการที่นักเรียนตอบผิดและมีความมั่นใจในคำตอบน้อยกว่า 3.50 จากการทดสอบพบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนที่แท้จริง 9 แนวคิด (โดย 3 แนวคิดมาจากข้อสอบที่นักเรียนมีความคุ้นเคย และ 6 แนวคิดมาจากข้อสอบที่นักเรียนไม่คุ้นเคย) และนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนที่แท้จริงในส่วน A-tier มากกว่าส่วน R-tier ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นสามารถวัดแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ไวและมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเทียบกับแบบทดสอบแบบเลือกตอบอื่นๆ ซึ่งช่วยให้ครูทราบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนและสามารถวางแผนการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้

4.2 งานวิจัยที่ทำการศึกษแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

4.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจในโมเมนต์ การปรับเปลี่ยนโมเมนต์ และความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 44 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาความเข้าใจในโมเมนต์เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือ แบบทดสอบความเข้าใจเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นแบบทดสอบ

อัตรานัย 4 ข้อ ที่ปรับปรุงและพัฒนาจากแบบทดสอบความเข้าใจแนวคิดฟิสิกส์เกี่ยวกับแรง (Force concept inventory หรือ FCI) สำหรับการศึกษาการปรับเปลี่ยนมโนคติ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่จะใช้แบบสัมภาษณ์และการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยจากแบบสำรวจความคิดเห็น พบว่า ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์ค่าเฉลี่ย 13.16 และมีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนจำนวนมากซึ่งจากการสัมภาษณ์พบว่าความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนนี้มาจากประสบการณ์ที่เคยได้รับและความรู้เดิมที่ได้รับการตีความที่ไม่ถูกต้องจากการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนของนักเรียนเอง และหลังเรียนพบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้นที่ค่าเฉลี่ย 22.39 ซึ่งเกิดจากการปรับเปลี่ยนมโนคติของตนเอง ซึ่งการปรับเปลี่ยนมโนคตินั้นมีการปรับเปลี่ยน 3 ลักษณะ ได้แก่ Differentiation, Class extension และ Reconceptualization โดยนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องอยู่แล้วจะมีการปรับเปลี่ยนในลักษณะ Differentiation และ Class extension เป็นการปรับเปลี่ยนมโนคติเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องแต่เดิม ส่วนนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนจะมีการปรับเปลี่ยนในลักษณะ Reconceptualization คือ ปรับเปลี่ยนมโนคติที่คลาดเคลื่อนเป็นมโนคติที่ถูกต้อง ส่วนการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) พบว่า เนื้อหามีการอธิบายชัดเจน เข้าใจ และจัดระบบความคิดได้ สื่อที่ใช้ในการจัดกิจกรรมส่งเสริมความเข้าใจได้มากขึ้น สิ่งแวดล้อมในการเรียนสนับสนุนการเรียนรู้ อย่างอิสระ ส่งเสริมการคิดด้วยตนเองและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และ เพ็ญจันทร์ ชิงห์ (2550) ได้ทำการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงและการเคลื่อนที่ จำนวน 48 เรื่อง แล้วทำการแบ่งหมวดหมู่แนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ 5 หมวดหมู่ ได้แก่ หมวดที่ 1 การใช้ศัพท์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ หมวดที่ 2 แรงขับเคลื่อนภายในของวัตถุ หมวดที่ 3 แรงจากการกระทำ หมวดที่ 4 แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา หมวดที่ 5 อิทธิพลอื่นๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ เพื่อให้ครูผู้สอนทราบและตระหนักถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อครูผู้สอนในการสำรวจแนวคิดเดิมก่อนเริ่มกระบวนการเรียนรู้ และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมเพื่อช่วยให้นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนให้เป็นแนวคิดที่ถูกต้องต่อไป

เกียรติมณี บำรุงไร (2553) ได้ทำการพัฒนามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านตะบอง "เจริญราษฎร์อุทิศ" สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครราชสีมา เขต 7 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 40 คน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predicts-Observe-Explain (POE) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสำรวจมโนคติทางเลือก เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้แบบวัดมโนคติแรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตรานัย และสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมกับนักเรียนก่อนเรียนเพื่อศึกษา

ว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอย่างไรบ้างเพื่อนำมาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบ POE แล้วทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบ POE ที่กำหนดขึ้น จากนั้นจึงทำการทดสอบนักเรียนหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีการพัฒนามโนคติทางเลือกไปสู่มโนคติวิทยาศาสตร์มากกว่าร้อยละ 70

รุจิระ การิสุข (2554) ที่ได้ทำการศึกษาความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้แบบสำรวจความคาดหวัง และศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยใช้แบบทดสอบแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์มาตรฐานเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (FMCE) ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช จังหวัดอุบลราชธานี ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 46 คน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์แตกต่างจากผู้เชี่ยวชาญ และหลังเรียนนักเรียนมีความคาดหวังในการเรียนวิชาฟิสิกส์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ด้วยค่าดัชนีประสิทธิผล 0.03 สำหรับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่พบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เป็นจำนวนมาก โดยมีนักเรียนเพียงร้อยละ 13.9 เท่านั้นที่มีความเข้าใจในแนวคิดที่ถูกต้อง และหลังเรียนนักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง คือ ร้อยละ 47.3 มีค่าเฉลี่ยดัชนีประสิทธิผล 0.39

พงศธร ทิพรักษ์ (2554) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนเวียงไทรวิทยาคม จำนวน 32 คน โดยมีมโนคติที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 7 มโนคติย่อย คือ 1) แรง มวล และน้ำหนัก 2) กฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน 3) กฎข้อที่สองของนิวตัน 4) กฎข้อที่สามของนิวตัน 5) กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน 6) น้ำหนักและสภาพไร้น้ำหนัก 7) แรงเสียดทาน โดยได้ทำการศึกษาความเข้าใจมโนคติของนักเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของคำตอบของคำถามซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ และส่วนของการอธิบายเหตุผลของคำตอบซึ่งให้นักเรียนเขียนอธิบาย จากการทดสอบพบว่า ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนักเรียนมีความเข้าใจในมโนคติเรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ตั้งแต่ระดับความไม่เข้าใจจนถึงระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจในมโนคติสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อพิจารณาในแต่ละมโนคติพบว่า มโนคติย่อยที่ 1 แรง มวล และน้ำหนัก มีจำนวนนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนคติตามเกณฑ์มากที่สุด และนักเรียนส่วนมากมีการเปลี่ยนแปลงมโนคติจากระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเป็นระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์

4.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

เดมิชิ (Demirci. 2005) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการจัดกระบวนการ

เรียนรู้โดยใช้ Web-assisted program ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย ในอัตราส่วนของเวลาเรียน 30:70 กับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายอย่างเดียว กับนักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์เบื้องต้น 2 โรงเรียนในเมือง Brevard, Florida จำนวน 125 คน แล้วแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง คือกลุ่มที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ Web-assisted program ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย (จำนวน 3 ห้องเรียน) และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายอย่างเดียว (จำนวน 2 ห้องเรียน) โดยทำการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบ The Force Conception Inventory (FCI) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice) เกี่ยวกับเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ผลการศึกษาพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจำนวนมากอันเนื่องมาจากประสบการณ์และความรู้เดิมที่มีมาก่อนของนักเรียน โดยกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน 31.59 และกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน 25.60 และเมื่อทำการทดสอบหลังเรียนพบว่า กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียน 49.22 และกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียน 48.14 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน (Pre-test and post-test mean difference) แล้ววิเคราะห์ค่าทางสถิติ F-test พบว่า ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า Gain score ซึ่งหาจากสูตร $(\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}) / (100 - \text{คะแนนก่อนเรียน})$ และค่าคะแนนหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมพบว่า ค่าทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ Web-assisted program สามารถลดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้

แฮนเซอร์และเดอร์แกน (Hancer; & Durkan. 2008). ได้ทำการตรวจสอบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนประถมศึกษาเกรด 7 และ 8 ของโรงเรียน 2 โรงเรียนในเมืองแอนการา (Ankara) ประเทศตุรกี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2004-2005 จำนวน 287 คน โดยใช้แบบทดสอบแนวคิดเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (Force and moment concept test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบจำนวน 20 ข้อ ผลการตรวจสอบพบว่า นักเรียนเกรด 7 และเกรด 8 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่น นักเรียนเข้าใจว่าวัตถุจะมีความเร็วคงตัวเมื่อให้แรงคงตัวกระทำกับวัตถุอย่างสม่ำเสมอ แต่ถ้าหยุดให้แรงที่กระทำกับวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ช้าลงและหยุดเคลื่อนที่ในที่สุด, วัตถุที่ไม่เคลื่อนที่แสดงว่าไม่มีแรงมากระทำกับวัตถุ หรือ แรงเสียดทานขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของวัตถุ เป็นต้น ทั้งนี้การที่นักเรียนนั้นมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนมีสาเหตุเนื่องมาจาก นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบดั้งเดิม นักเรียนอาจจะจำแนวคิดโดยไม่ได้เรียนรู้ในเชิงลึกและครูผู้สอนไม่ได้ทำการสำรวจแนวคิดเดิม (Preconception) ของนักเรียนก่อนทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

พันธุ์พุกษา (Panprueksa. 2012) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจแนวคิดและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนเกรด 9 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3) จังหวัด

อุบลราชธานี ประเทศไทย จำนวน 93 คน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกระบวนการเรียนรู้แบบดั้งเดิม และเปรียบเทียบความเข้าใจแนวคิดระหว่างนักเรียนชายกับนักเรียนหญิง โดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจแนวคิดเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (Conceptual understanding test on force and motion concepts) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก โดยตัวเลือก 1 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 3 ตัวเลือกจะเป็นตัวลวงที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน จำนวน 30 ข้อ แบ่งเป็น 6 หัวข้อ ได้แก่ ความเร่ง แรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา แรงเสียดทาน โมเมนต์ แรงลอยตัว และการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยที่คำถามของแบบทดสอบจะเน้นแนวคิดและเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันมากกว่าการคำนวณ ซึ่งจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 7.98 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 9.70 ซึ่งเมื่อนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาวิเคราะห์ทางสถิติ t-test dependent พบว่า คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนชายเท่ากับ 10.20 และค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนหญิงเท่ากับ 9.31 เมื่อนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาวิเคราะห์ทางสถิติ t-test independent พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนจะสูงกว่าก่อนเรียน แต่นักเรียนก็ยังคงมีความเข้าใจแนวคิดค่อนข้างต่ำในทุกๆ หัวข้อ และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนมากซึ่งแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนี้จะเป็อุปสรรคในการทำความเข้าใจเนื้อหาที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญและส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างสมบูรณ์

จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ทำการสร้างและ/หรือวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัย พบว่า ในประเทศไทยนั้นมีการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยเพื่อศึกษาปัญหา จุดด้อย จุดบกพร่องในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจำนวนมาก ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วมักทำการสร้างเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นและทำการวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา รวมทั้งมีการศึกษาเปรียบเทียบจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยจำแนกตามเพศ ขนาดของโรงเรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการทดสอบวินิจฉัยก่อนเรียน-หลังเรียนอีกด้วย สำหรับในต่างประเทศนั้นมีการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยที่หลากหลายทั้งแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น และแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เพื่อให้สามารถศึกษาและวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งยังมีการสร้างเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยแบบออนไลน์ เพื่อให้สามารถศึกษาและวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างกว้างขวาง ครอบคลุมในหลายพื้นที่อีกด้วย ซึ่งจากการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยต่างๆ นั้นพบว่า นักเรียนยังมีความรู้ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องหรือมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องต่างๆ ที่ทำการทดสอบ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรง และการเคลื่อนที่ พบว่า เครื่องมือ วิธีการ หรือแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความรู้ความเข้าใจ

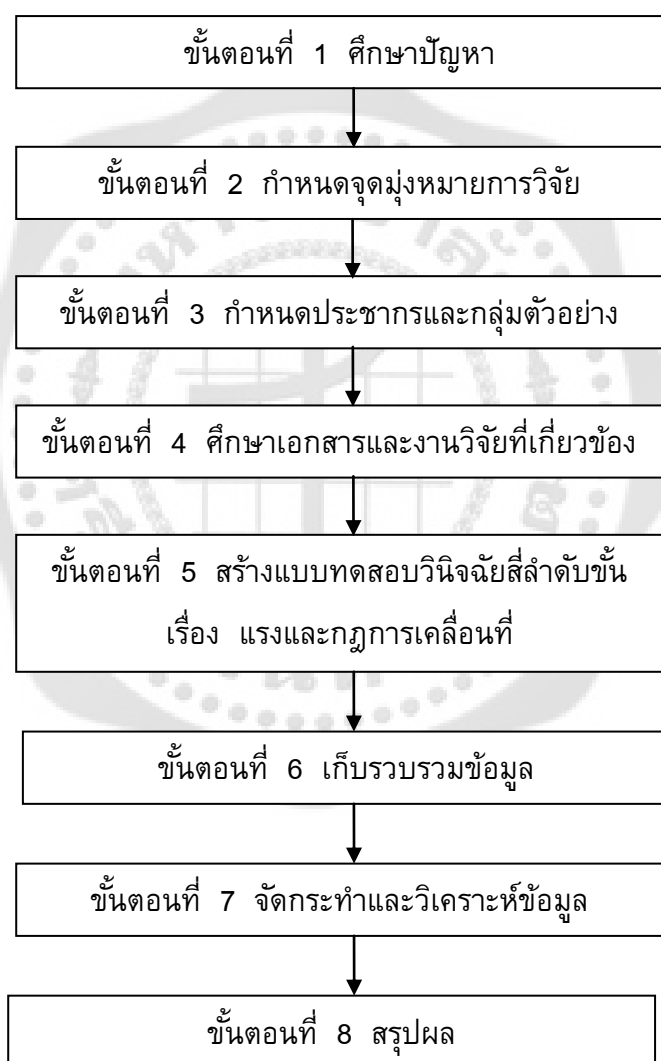
หรือวินิจัยจุดบกพร่องในการเรียนรู้ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ มีหลากหลายทั้งการสัมภาษณ์ การใช้แบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบวินิจัยขั้นเดียว แบบทดสอบวินิจัยสองลำดับขั้น แบบทดสอบมาตรฐาน Force conception inventory (FCI) หรือแบบทดสอบมาตรฐาน Force and motion conceptual evaluation (FMCE) ซึ่งจากการทดสอบพบว่า นักเรียนยังมีความรู้ความเข้าใจในเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ยังไม่ดีเท่าที่ควร รวมทั้งมีจุดบกพร่องและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่เป็นจำนวนมาก



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำหรับวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหา

ศึกษาผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า ผลคะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (Ordinary National Education Test หรือ O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในช่วงเวลา 5 ปีที่ผ่านมา อยู่ในช่วง 27.90–33.70 ซึ่งถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ รวมทั้งผลการทดสอบระดับนานาชาติทั้ง Programme for International Student Assessment (PISA) และ Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) ยังไม่อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพึงพอใจเช่นเดียวกันและไม่สามารถแข่งขันกับนานาชาติอารยประเทศได้ โดยเฉพาะสาระที่ 4 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เป็นสาระที่มีความจำเป็นต้องปรับปรุงเร่งด่วนมากที่สุด

นอกจากนี้แล้วผู้วิจัยยังได้ทำการพิจารณาข้อมูลจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในแต่ละโรงเรียนทั่วประเทศที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศ (ขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของประเทศ ปีการศึกษา 2555 คือ 33.04) จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์และเรียงลำดับร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบในวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างในแต่ละจังหวัดจากสูงไปต่ำ พบว่า จังหวัดสิงห์บุรีมีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศร้อยละ 37.32 และอยู่ในอันดับที่ 61 ของประเทศ ซึ่งถือว่าค่อนข้างรั้งท้ายเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5 ซึ่งเป็นเขตพื้นที่การศึกษาที่โรงเรียนมัธยมศึกษาทั้งหมด 12 โรงเรียนในจังหวัดสิงห์บุรีสังกัดอยู่ พบว่ามี 1 โรงเรียนเท่านั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประเทศและระดับเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5

สัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ของโรงเรียนต่าง ๆ ในจังหวัดสิงห์บุรี

ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ของโรงเรียนต่างๆ ในจังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 10 ท่านเกี่ยวกับลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนโดยใช้แบบสัมภาษณ์ ซึ่งจากผลการสัมภาษณ์พบว่าแบบทดสอบที่ครูผู้สอนใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีทั้งแบบทดสอบอัตนัยและแบบทดสอบปรนัย ซึ่งแบบทดสอบอัตนัยจะเน้นให้นักเรียนแสดงวิธีทำและคำนวณ ส่วนแบบทดสอบปรนัยจะเน้นวัดความรู้ความจำเกี่ยวกับนิยาม คำจำกัดความ รวมทั้งความเข้าใจและการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังมีแบบทดสอบเติมคำ จับคู่ ถูกผิด และเขียนตอบอย่างสั้นอีกด้วย ซึ่งแบบทดสอบแต่ละฉบับที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นนั้นจะวัดความรู้ด้านพุทธิพิสัยหลายระดับ ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้

และการวิเคราะห์ ทั้งนี้แบบทดสอบของบางโรงเรียนสามารถวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้โดยการดูจากคำตอบที่นักเรียนตอบผิด แต่แบบทดสอบของบางโรงเรียนก็ไม่สามารถวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแบบทดสอบที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นนั้นเป็นแบบทดสอบขั้นเดียว คือ มีส่วนของคำถามและส่วนของคำตอบของคำถามทั้งที่ให้นักเรียนเขียนอธิบายและให้เลือกตอบ ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะวัดได้ว่าการที่นักเรียนตอบผิดนั้นเกิดมาจากสาเหตุหรือเหตุผลใด และไม่สามารถแยกแยะได้ว่าการที่นักเรียนตอบแบบทดสอบถูกมาจากเหตุผลที่ถูกหรือผิด

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดจุดมุ่งหมายการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสัปดาห์ชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสัปดาห์ชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่สร้างและพัฒนาขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2557 ในจังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 617 คน ดังตาราง 3

ตาราง 3 จำนวนนักเรียนกลุ่มประชากร จำแนกตามขนาดของโรงเรียน

ขนาดของ โรงเรียน	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2557 (คน)
ขนาดใหญ่พิเศษ	สิงห์บุรี	245
ขนาดกลาง	บางระจันวิทยา	86
	อินทร์บุรี	78
	สิงห์พาส (ประสานมิตรอุปถัมภ์)	49
ขนาดเล็ก	พรหมบุรีรัชดาภิเษก	12
	ทองเอนวิทยา	22

ตาราง 3 (ต่อ)

ขนาดของ โรงเรียน	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2557 (คน)
	บ้านแปงวิทยา	21
	ท่าช้างวิทยาคาร	37
	ค่ายบางระจันวิทยาคม	14
	ศรีวินิตวิทยาคม	30
	ศรีศักดิ์สุวรรณวิทยา	23
	รวม	617

หมายเหตุ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีนักเรียน 2,500 คนขึ้นไป
 โรงเรียนขนาดใหญ่ มีนักเรียน 1,500–2,499 คน
 โรงเรียนขนาดกลาง มีนักเรียน 500–1,499 คน
 โรงเรียนขนาดเล็ก มีนักเรียน 1-499 คน
 (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5)

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้เนื้อหารายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติมเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เสร็จสิ้นแล้วในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน อย่างน้อย 243 คน ซึ่งคำนวณจากสูตรของ Taro Yamane โดยกำหนดระดับความคลาดเคลื่อน ในการสุ่มตัวอย่าง 5% ดังนี้

สูตรการคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างของทาโร ยามาเน (พิสนุ พองศรี. 2553: 112; อ้างอิงจาก Yamane, Taro. 1960. **Statistic : An Introductory Analysis.**)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน ขนาดของประชากร

e แทน ค่าความคลาดเคลื่อน (ในที่นี้ใช้ $e = 0.05$)

แทนค่า

$$n = \frac{617}{1 + 617 (0.05)^2}$$

$$= 243 \text{ คน}$$

ดังนั้นจะต้องใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 243 คน โดยในการวิจัยครั้งนี้มีนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 262 คน ซึ่งทำการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ตามขนาดของโรงเรียน และแบ่งจำนวนกลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนจำนวนประชากรในแต่ละขนาดของโรงเรียน ดังตาราง 4

ตาราง 4 จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของโรงเรียน

ขนาดของ โรงเรียน	จำนวนนักเรียน กลุ่มประชากร (คน)	จำนวนนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง (คน)
ขนาดใหญ่พิเศษ	245	103
ขนาดกลาง	213	91
ขนาดเล็ก	159	68

โดยกลุ่มตัวอย่างในแต่ละขนาดของโรงเรียนจะทำการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำการศึกษามีดังนี้

1 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

- 1.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- 1.2 องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้
- 1.3 พฤติกรรมการเรียนรู้
- 1.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2 การวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน ประกอบด้วย

- 2.1 ความหมายการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน
- 2.2 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน
- 2.3 แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้

3 แรงและกฎการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย

- 3.1 แนวคิดรวบยอดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่
- 3.2 แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 4.1 งานวิจัยที่ทำการสร้างและ / หรือวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัย
- 4.2 งานวิจัยที่ทำการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ขั้นตอนที่ 5 สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งแสดงตัวอย่างดังภาคผนวก ณ ซึ่งทำการสร้างและพัฒนาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดเนื้อหา เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ตามหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเนื้อหาย่อยประกอบด้วย

- 1.1 แรง (มโนมติที่ 1)
- 1.2 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน (มโนมติที่ 2)
- 1.3 กฎการเคลื่อนที่ (มโนมติที่ 3-5)
- 1.4 น้ำหนัก (มโนมติที่ 6)
- 1.5 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน (มโนมติที่ 7)
- 1.6 แรงเสียดทาน (มโนมติที่ 8)

2. ระบุข้อความรู้เชิงประพจน์ (Propositional knowledge statement)

สำหรับข้อความรู้เชิงประพจน์ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปได้ 8 มโนมติ ดังนี้

มโนมติที่ 1 แรง (Force)

แรงแทนด้วยสัญลักษณ์ F เป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่ทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนรูปร่างหรือเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ซึ่งการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่นั้นอาจเปลี่ยนเฉพาะขนาดของความเร็ว เปลี่ยนเฉพาะทิศทางของความเร็ว หรือเปลี่ยนทั้งขนาดและทิศทางของความเร็ว เนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง ดังนั้นจึงสามารถใช้วิธีการเขียนรูปลูกศร

แทนแรงได้ โดยให้ความยาวของลูกศรแทนขนาดของแรงและหัวลูกศรแทนทิศทางของแรง ทั้งนี้แรงมีหน่วยในระบบ SI เป็นนิวตัน

แรงลัพธ์ (Resultant force or net force) แทนด้วยสัญลักษณ์ $\Sigma \vec{F}$ เป็นผลรวมของแรง 2 แรงหรือมากกว่าที่มากระทำกับวัตถุเดียวกัน ซึ่งสามารถหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ได้จากการรวมแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุแบบเวกเตอร์ โดยถ้าแรงทั้งหมดที่มากระทำกับวัตถุอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันซึ่งอาจจะมีทิศทางเดียวกันหรือตรงข้ามกันก็ได้ เราสามารถหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ได้โดยกำหนดให้แรงที่มีทิศทางตรงข้ามกันมีเครื่องหมายต่างกัน เช่น กำหนดให้แรงที่ชี้ทิศทางขวามือเป็นเครื่องหมายบวก ดังนั้นแรงที่ชี้ทิศทางซ้ายมือต้องเป็นเครื่องหมายลบ เป็นต้น ซึ่งขนาดของแรงลัพธ์จะเท่ากับผลบวกของขนาดของแรงที่มากระทำกับวัตถุในกรณีที่แรงเหล่านั้นมีทิศทางไปทางเดียวกันและทิศทางของแรงลัพธ์จะมีทิศทางเดียวกับแรงที่มากระทำกับวัตถุ หรือขนาดของแรงลัพธ์จะเท่ากับผลต่างของขนาดของแรงที่มากระทำกับวัตถุในกรณีที่แรงเหล่านั้นมีทิศทางตรงข้ามกันและทิศทางของแรงลัพธ์จะมีทิศทางเดียวกับแรงที่มีขนาดมากกว่า นอกจากนี้ถ้าแรงที่มากระทำกับวัตถุมีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้ามกัน แรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับศูนย์และวัตถุอยู่ในสภาพสมดุล

โมเมนต์ที่ 2 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน

ในกรณีที่ทิศทางของแรงที่มากระทำกับวัตถุไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกัน (แรงกระทำมุมกัน) สามารถหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ได้ด้วยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยม สร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน หรือการคำนวณ

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการสร้างรูปสามเหลี่ยม ทำได้โดยการนำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง จากนั้นจึงเขียนลูกศรโดยหางลูกศรที่เขียนจะบรรจบกับหางลูกศรของแรงแรก และหัวลูกศรที่เขียนจะบรรจบกับหัวลูกศรของแรงที่สอง ซึ่งลูกศรที่เขียนจะแสดงขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ทำได้โดยการนำหางลูกศรของแรง 2 แรงมาต่อกัน แล้วทำการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน โดยให้ด้านสองด้านที่สร้างขึ้นมาใหม่ขนานกับด้านเดิมทั้งสอง จากนั้นจึงเขียนลูกศรตามแนวเส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมด้านขนานโดยหางลูกศรที่เขียนลากออกจากจุดที่หางลูกศรของแรงที่กระทำกับวัตถุต่อกัน และหัวลูกศรที่เขียนจะอยู่ที่มุมทแยงมุมตรงข้าม ซึ่งลูกศรที่เขียนจะแสดงขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการคำนวณ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี คือกรณีที่ 1 แรงสองแรงทำมุมกันเป็นมุมฉาก โดยแรงที่ 1 กำหนดสัญลักษณ์เป็น $\vec{F}_a$ แรงที่ 2 กำหนดสัญลักษณ์เป็น $\vec{F}_b$ ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาดของแรงลัพธ์ ($\vec{F}$) ได้ด้วยทฤษฎีของพีทาโกรัส ตามสมการ $\vec{F}^2 = \vec{F}_a^2 + \vec{F}_b^2$ กรณีที่ 2 แรง 2 แรงทำมุมกันไม่เป็นมุมฉาก ให้ใช้วิธีแยกแรงออกเป็นแรงย่อยที่ตั้งฉากกันเสียก่อนแล้วจึงคำนวณหาแรงลัพธ์ด้วยทฤษฎีของพีทาโกรัส

โมเมนต์ที่ 3 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Newton's first law of motion)

วัตถุคงสภาพหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวเส้นตรง เมื่อแรงลัพธ์

($\Sigma \vec{F}$) ที่มากระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ เขียนสมการได้เป็น $\Sigma \vec{F} = 0$ ลักษณะเช่นนี้เป็นไปตามกฎของความเฉื่อย (Law of inertia)

มโนมติที่ 4 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน (Newton's second law of motion)

เมื่อแรงลัพธ์ ($\Sigma \vec{F}$) ซึ่งมีขนาดไม่เท่ากับศูนย์มากระทำกับวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่ง ($\vec{a}$) ในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ โดยขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ (m) เขียนสมการได้เป็น $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$ โดยมวลจะแสดงปริมาณสสารของวัตถุนั้นและเป็นความสามารถของวัตถุในการต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ มวลเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยในระบบ SI คือ กิโลกรัม

มโนมติที่ 5 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน (Newton's third law of motion)

เมื่อวัตถุคู่หนึ่งๆ ออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน จะเกิดแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากัน (Action = Reaction) แต่ทิศทางตรงกันข้ามเสมอ โดยแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาที่เป็นคู่กันจะกระทำกับวัตถุคนละก้อนที่เป็นคู่กัน ไม่ว่าวัตถุทั้งสองจะสัมผัสกันหรือไม่ก็ตาม เช่น แรงดึงดูดที่โลกกระทำกับดวงจันทร์เป็นแรงกิริยา ดังนั้นแรงดึงดูดที่ดวงจันทร์กระทำกับโลกก็เป็นแรงปฏิกิริยา เป็นต้น

มโนมติที่ 6 น้ำหนัก (Weight)

น้ำหนัก คือแรงดึงดูดของโลกที่กระทำกับวัตถุ มีทิศเดียวกับความเร่งโน้มถ่วง ($\vec{g}$) เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยในระบบ SI เป็นนิวตัน สามารถคำนวณได้จากสมการ $\vec{W} = m \vec{g}$ โดย m คือ มวลของวัตถุ ทั้งนี้ถ้าความเร่งโน้มถ่วงมีค่าเปลี่ยนไปจะทำให้น้ำหนักของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปด้วย เช่น กรณีที่วัตถุอยู่บนดาวเคราะห์ดวงอื่น เป็นต้น

มโนมติที่ 7 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน (Newton's law of gravitation)

กล่าวว่าวัตถุทั้งหลายในเอกภพจะดึงดูดซึ่งกันและกัน โดยขนาดของแรงดึงดูดระหว่างวัตถุคู่หนึ่งๆ จะแปรผันตรงกับผลคูณระหว่างมวลของวัตถุทั้งสองและแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสองตามสมการ

$$F_G = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

โดย F_G คือ ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวล

G คือ ค่าคงตัวโน้มถ่วงสากล ซึ่งจะมีค่าคงตัวไม่ว่าจะเป็นการดึงดูดกันระหว่างวัตถุใดๆ ในเอกภพ มีค่าเท่ากับ $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$

m_1 คือ มวลของวัตถุก้อนที่ 1

m_2 คือ มวลของวัตถุก้อนที่ 2

R คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสอง

สนามโน้มถ่วงโลก (Earth gravitational field) คือ สนามของแรงที่โลกแผ่ออกไปรอบๆ เป็นปริมาณเวกเตอร์ แทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{g}$ สนามโน้มถ่วงโลกทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อมวลของวัตถุทั้งหลาย แรงดึงดูดนี้เรียกว่า แรงโน้มถ่วงของโลก (Earth gravitational force) ซึ่งขนาดและทิศทางของสนามโน้มถ่วงโลกที่ตำแหน่งใดๆ หาได้จากแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุมวลหนึ่งหน่วย เช่น วางวัตถุมวล 10 กิโลกรัมไว้บนผิวโลก วัตถุถูกแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำด้วยแรง 98 นิวตันในทิศเข้าหาศูนย์กลางของโลก ดังนั้นสนามโน้มถ่วงโลกจึงมีขนาด 9.8 นิวตันต่อกิโลกรัมในทิศเข้าหาศูนย์กลางของโลก

ความเร่งโน้มถ่วงของโลก ($\vec{g}$) มีค่าเท่ากับสนามโน้มถ่วงโลก โดยความเร่งโน้มถ่วงของโลก ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลกจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากศูนย์กลางของโลก โดยค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกจะมีค่าลดลงเมื่ออยู่ในตำแหน่งห่างจากโลกเพิ่มขึ้น

วัตถุอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก (weightlessness) หมายถึง วัตถุที่มีน้ำหนักน้อยมากจนเกือบเป็นศูนย์ เมื่อวัตถุนั้นอยู่ห่างจากโลกและดาวดวงอื่นๆ มากๆ นอกจากนี้วัตถุที่ตกแบบเสรีไม่มีแรงเนื่องจากการที่วัตถุตกพื้น วัตถุจะอยู่ในสภาพเสมือนไร้น้ำหนัก (Apparent weightlessness)

มโนมติที่ 8 แรงเสียดทาน (Frictional force)

แรงเสียดทาน คือ แรงที่พยายามต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์

$\vec{f}$ แรงเสียดทานมีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือตรงข้ามกับทิศที่วัตถุพยายามจะเคลื่อนที่เมื่อพิจารณา ณ จุดสัมผัสและเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสคู่หนึ่งๆ เมื่อพิจารณาในกรณีที่วัตถุหนึ่งวางอยู่บนอีกวัตถุหนึ่ง โดยแรงเสียดทานแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แรงเสียดทานสถิต และแรงเสียดทานจลน์ โดยแรงเสียดทานสถิต (Static friction) แทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{f}_s$ เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะที่มีแรงมากระทำกับวัตถุแต่วัตถุยังคงหยุดนิ่ง มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางที่วัตถุพยายามเคลื่อนที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณของสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานสถิต (Coefficient of static friction) แทนด้วยสัญลักษณ์ μ_s กับแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉาก แทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{N}$ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตขึ้นอยู่กับชนิดของผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่งๆ โดยแรงเสียดทานสถิตมีค่าสูงสุดเมื่อวัตถุกำลังจะเคลื่อนที่ เรียกว่า แรงเสียดทานสถิตสูงสุด เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{f}_{s \max}$ สำหรับแรงเสียดทานจลน์ (Kinetic friction) แทนด้วยสัญลักษณ์ $\vec{f}_k$ เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุกำลังเคลื่อนที่ มีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณของสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานจลน์ (Coefficient of kinetic friction) แทนด้วยสัญลักษณ์ μ_k กับแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉาก ($\vec{N}$) ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ขึ้นอยู่กับชนิดของผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่งๆ

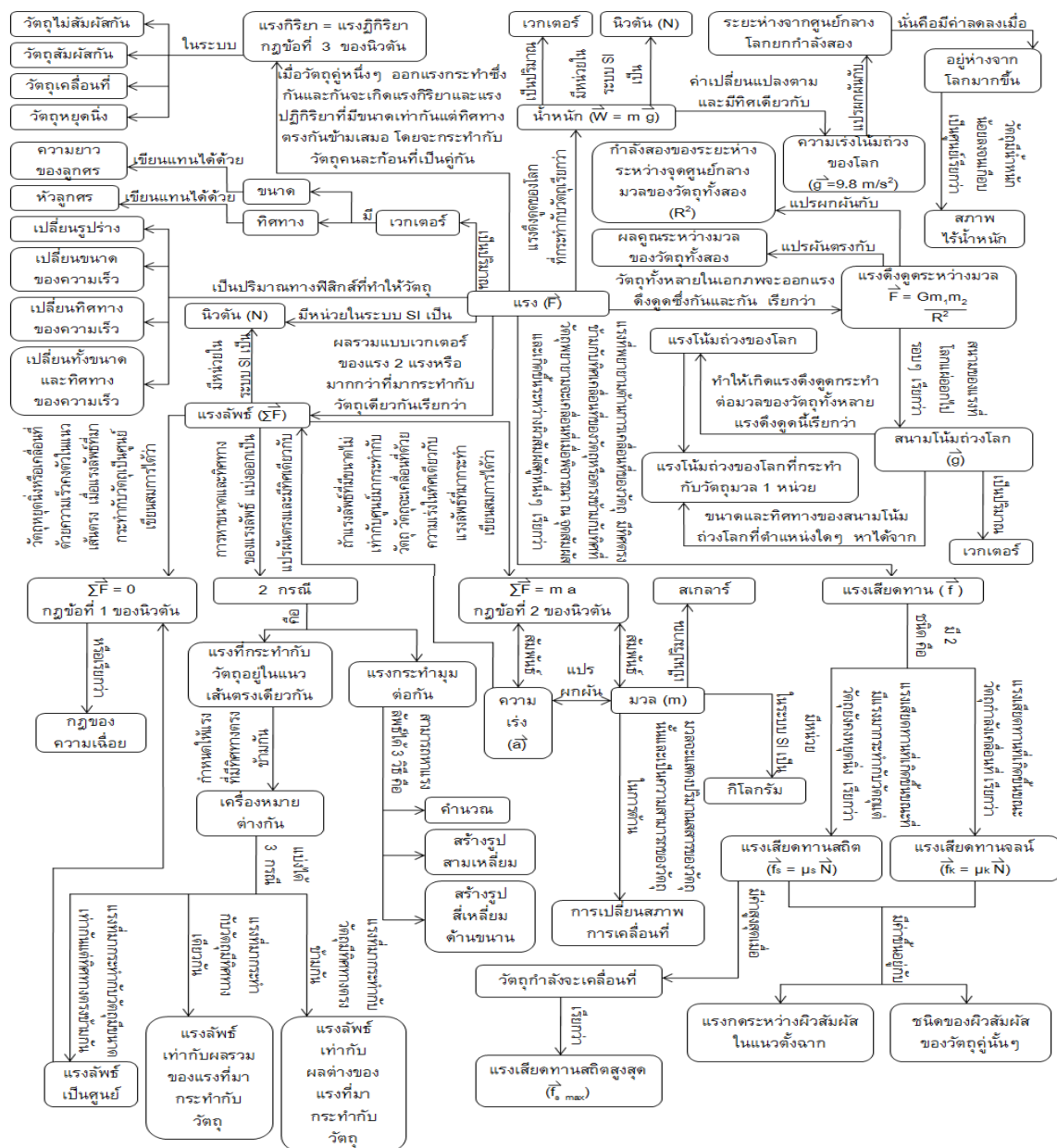
โดยเนื้อหาและมโนมติมีความสอดคล้องกันดังนี้

- เนื้อหาเรื่อง แรง สอดคล้องกับมโนมติที่ 1
- เนื้อหาเรื่อง การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน สอดคล้องกับมโนมติที่ 2
- เนื้อหาเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ สอดคล้องกับมโนมติที่ 3-5

- เนื้อหาเรื่อง น้ำหนัก สอดคล้องกับมโนคติที่ 6
- เนื้อหาเรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน สอดคล้องกับมโนคติที่ 7
- เนื้อหาเรื่อง แรงเสียดทาน สอดคล้องกับมโนคติที่ 8

3. พัฒนาแผนผังความคิด (Concept map)

แผนผังความคิดจะช่วยให้ผู้วิจัยพิจารณาเนื้อหาในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยในขอบเขตที่กำหนด ซึ่งแผนผังความคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น แสดงดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แผนผังความคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

4. ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อความรู้เชิงประพจน์และแผนผังความคิด

5. ตรวจสอบเนื้อหาของข้อความรู้เชิงประพจน์และแผนผังความคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบว่าข้อความรู้เชิงประพจน์มีความถูกต้องหรือไม่ และแผนผังความคิดมีความสอดคล้องกับข้อความรู้เชิงประพจน์หรือไม่ โดยใช้แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบข้อความรู้เชิงประพจน์และแผนผังความคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

6. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และสร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้

7. ศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนดังนี้

7.1 มโนคติที่ 1 แรง

7.1.1 สิ่งมีชีวิตเท่านั้นที่สามารถออกแรงกระทำกับวัตถุได้ และสิ่งไม่มีชีวิต เช่น โต๊ะ เก้าอี้ เป็นต้น ไม่สามารถออกแรงกระทำกับวัตถุได้

7.1.2 เมื่อนำแรงหลายแรงที่กระทำกับวัตถุมาหักล้างกันจะเหลือแรงสุดท้ายเพียงแรงเดียวที่เรียกว่า แรงลัพธ์

7.1.3 แรงลัพธ์ คือ ผลรวมของแรงย่อยที่กระทำกับวัตถุ โดยไม่คำนึงถึงทิศทางของแรงย่อย

7.1.4 แรงที่มากที่สุดจะเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่เสมอ

7.1.5 ขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงสองแรงจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้งสองทิศทางเดียวกัน

7.1.6 ขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงสองแรงจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้งสองมีทิศตรงข้ามกัน

7.1.7 ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับผลรวมของทิศทางแรง

7.2 มโนคติที่ 2 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน

7.2.1 การบวกลบเวกเตอร์ของแรงไม่จำเป็นต้องนำมุมระหว่างเวกเตอร์ของแรงมาพิจารณา

7.2.2 มุมระหว่างทิศของแรงกับแนวการเคลื่อนที่ ไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ

7.3 มโนคติที่ 3 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

7.3.1 วัตถุที่อยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง แสดงว่าไม่มีแรงใดๆ มากระทำกับวัตถุ

7.3.2 วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว จะมีแรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุที่มีค่าคงที่ที่ความเร็วนั้นและทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่

7.4 มโนคติที่ 4 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

7.4.1 ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีค่าคงที่ ความเร่งจะแปรผันตรงกับมวลของวัตถุ

7.4.2 แรงไม่มีผลต่อความเร่ง

7.4.3 เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุไม่เท่ากัน ความเร่งของวัตถุก็จะไม่เท่ากันเสมอ

7.4.4 เมื่อมวลของวัตถุไม่เท่ากัน ความเร่งของวัตถุก็จะไม่เท่ากันเสมอ

7.4.5 เมื่อมวลและแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุไม่เท่ากัน ความเร่งของวัตถุก็จะไม่เท่ากันเสมอ

7.4.6 ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีค่ามากกว่าศูนย์วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

7.4.7 ความเร่งของวัตถุเกิดจากการเพิ่มขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุเท่านั้น

7.4.8 วัตถุที่มีขนาดใหญ่จะต้องออกแรงในการเคลื่อนที่มากกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็กเพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากัน

7.5 มโนมติที่ 5 กฎการเคลื่อนที่ของที่ 3 ของนิวตัน

7.5.1 วัตถุที่มีมวลมากกว่าจะออกแรงกระทำมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย

7.5.2 เมื่อเราดันโต๊ะให้เคลื่อนที่ได้ แสดงว่าแรงที่เรากระทำต่อโต๊ะมากกว่าแรงที่โต๊ะกระทำต่อเรา

7.5.3 แรงกิริยา-ปฏิกิริยา คือ แรงสองแรงที่มีขนาดเท่ากัน กระทำกับวัตถุก่อนเดียวกันในทิศทางตรงกันข้าม

7.5.4 แรงปฏิกิริยาที่พื้นราบกระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เท่ากับแรงกิริยาที่วัตถุกระทำต่อพื้นราบ โดยแรงทั้งสองมีทิศตรงข้ามกัน

7.5.5 แรงกิริยาลบด้วยแรงปฏิกิริยาจะมีขนาดของแรงลัพธ์เท่ากับศูนย์

7.5.6 วัตถุจะเคลื่อนที่ได้ก็ต่อเมื่อแรงกิริยามีทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่และมีขนาดมากกว่าแรงปฏิกิริยา ดังเห็นได้จากการที่นักเรียนอธิบายว่า ถ้าต้องการให้วัตถุเคลื่อนที่ จะต้องออกแรงกระทำกับวัตถุให้มากกว่าแรงเสียดทาน โดยนักเรียนเข้าใจว่าแรงที่กระทำกับวัตถุคือ แรงกิริยาและแรงเสียดทาน คือ แรงปฏิกิริยา

7.6 มโนมติที่ 6 น้ำหนัก

7.6.1 น้ำหนักของวัตถุเป็นตัวบอกค่าความเฉื่อยของวัตถุ

7.6.2 น้ำหนักเป็นปริมาณสเกลาร์

7.6.3 น้ำหนักมีหน่วยเป็นกิโลกรัม

7.7 มโนมติที่ 7 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

7.7.1 วัตถุที่มีมวลน้อยจะถูกแรงดึงดูดระหว่างมวลกระทำน้อยกว่าวัตถุที่มีมวลมาก

7.7.2 วัตถุที่มีมวลน้อยจะต้องออกแรงดึงดูดปริมาณมากกระทำกับวัตถุที่มีมวลมากเพื่อให้เกิดสมดุลของแรง

7.8 มโนมติที่ 8 แรงเสียดทาน

7.8.1 นักเรียนไม่สามารถระบุทิศทางของแรงเสียดทานได้

7.8.2 นักเรียนไม่ตระหนักถึงการมีอยู่ของแรงเสียดทาน

7.8.3 แรงเสียดทานสถิตมีเพียงค่าเดียว

7.8.4 นักเรียนไม่เข้าใจแรงเสียดทานสถิตสูงสุด

7.8.5 ถ้ามีแรงภายนอกกระทำกับวัตถุที่หยุดนิ่งบนพื้นราบ และวัตถุยังคงหยุดนิ่งต่อไป แสดงว่าไม่มีแรงเสียดทานกระทำต่อวัตถุ

7.8.6 ค่าแรงเสียดทานขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของวัตถุ

7.8.7 ถ้ามีแรง 10 นิวตันมากระทำกับวัตถุที่หยุดนิ่งบนพื้นราบ และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง แสดงว่าแรงเสียดทานที่กระทำกับวัตถุนั้นต้องมากกว่า 10 นิวตัน

8. นำข้อมูลแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมาสร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

9. ให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านตรวจสอบแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ในด้านความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยใช้แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

10. ปรับปรุงแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิดเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญจนได้แบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่มีประสิทธิภาพ

11. นำแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ไปสัมภาษณ์นักเรียนที่เรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้ว จำนวน 9 คน โดยแบ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 3 คน โรงเรียนขนาดกลาง 3 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 3 คน โดยการสัมภาษณ์นี้จะเป็นการสัมภาษณ์นักเรียนรายบุคคลและเป็นการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

12. วิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ได้จากการสัมภาษณ์

13. นำข้อมูลแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ได้จากการสัมภาษณ์มาสร้างตัวลงในส่วนของคำตอบของคำถาม (A-tier) ในแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่มีที่ว่างสำหรับให้อธิบายเหตุผลของคำตอบ (Multiple choice items with free respond) หรือเรียกว่า แบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด ซึ่งประกอบด้วยตัวเลือกทั้งหมด 3 ตัวเลือก โดยเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง 1 ตัวเลือก และตัวลวง 2 ตัวเลือก

14. ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยใช้แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

15. ปรับปรุงแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญจนได้แบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่มีประสิทธิภาพ

16. นำแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ไปทดสอบกับนักเรียนที่เรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้ว จำนวน 45 คน โดยแบ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 15 คน โรงเรียนขนาดกลาง 15 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 15 คน

17. วิเคราะห์แนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากการอธิบายเหตุผลของคำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เพื่อนำมาสร้างตัวลงในส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น

18. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ 1 คำตอบของคำถาม (A-tier) จำนวน 3 ตัวเลือก ประกอบด้วยตัวเลือกที่ถูกต้อง 1 ตัวเลือก และตัวลวง 2 ตัวเลือก

ส่วนที่ 2 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน A-tier มี 2 ระดับ คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

ส่วนที่ 3 เหตุผลของคำตอบ (R-tier) จำนวน 4 ตัวเลือก ประกอบด้วย ตัวเลือกที่ถูกต้อง 1 ตัวเลือก ตัวลวง 2 ตัวเลือก และตัวเลือกที่ 4 จะเว้นช่องว่างให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลอื่นๆ ตามแนวคิดของตนเองในกรณีที่นักเรียนมีแนวคิดหรือเหตุผลที่แตกต่างไปจากตัวเลือกที่กำหนดให้

ส่วนที่ 4 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน R-tier มี 2 ระดับ คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

19. จัดทำเกณฑ์การกำหนดรหัสและเกณฑ์การจัดกลุ่มรหัสแนวคิด

20. ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่านตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่สร้างขึ้น โดยใช้แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา รวมทั้งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของการจัดกลุ่มรหัสแนวคิด

21. ปรับปรุงแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

22. นำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้ว จำนวน 120 คน โดยแบ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 40 คน โรงเรียนขนาดกลาง 40 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 40 คน

23. หาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยการหาคุณภาพรายข้อ ได้แก่

23.1 ค่าความยากง่าย (P)

ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนจากคำตอบของนักเรียนดังนี้

ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) จะได้ 1 คะแนน

ถ้านักเรียนตอบผิดในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) หรือตอบผิดในส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) หรือตอบผิดทั้งสองส่วน จะได้ 0 คะแนน

หมายเหตุ : ทั้งนี้การหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จะยังไม่นำระดับความมั่นใจในคำตอบของนักเรียนมาพิจารณา

ในการหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นจะใช้การคำนวณตามสูตร ดังนี้

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

โดย p คือ ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

R คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อนั้นๆ ถูก

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ซึ่งค่าความยากง่ายที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.20 – 0.80

23.2 ค่าอำนาจจำแนก (r)

ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนจากคำตอบของนักเรียนดังนี้

ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) จะได้ 1 คะแนน

ถ้านักเรียนตอบผิดในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) หรือตอบผิดในส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) หรือตอบผิดทั้งสองส่วน จะได้ 0 คะแนน

หมายเหตุ : ทั้งนี้การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จะยังไม่นำระดับความมั่นใจในคำตอบของนักเรียนมาพิจารณา

ในการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับชั้นจะใช้การคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$r = \frac{P_H - P_L}{N_H \text{ or } N_L}$$

โดย r คือ ค่าอำนาจจำแนก

P_H คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

N_L คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

ซึ่งค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมอยู่ในช่วง +0.20 ถึง +1.00

23.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนจากคำตอบของนักเรียนดังนี้

ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) จะได้ 1 คะแนน

ถ้านักเรียนตอบผิดในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) หรือตอบผิดในส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) หรือตอบผิดทั้งสองส่วน จะได้ 0 คะแนน

หมายเหตุ : ทั้งนี้การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จะยังไม่นำระดับความมั่นใจในคำตอบของนักเรียนมาพิจารณา

ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับจะใช้การคำนวณตามสูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

โดย r_{tt} คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
 n คือ จำนวนข้อสอบทั้งหมดในแบบทดสอบ
 p คือ อัตราส่วนของผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นๆ
 q คือ อัตราส่วนของผู้ที่ตอบผิดในข้อนั้นๆ
 S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

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

โดย S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

N คือ จำนวนนักเรียนที่สอบ

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนของนักเรียนทุกคน

รวมทั้งหาค่าความเชื่อมั่นด้านการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดของแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้นโดยหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟาครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient) โดยมีเกณฑ์การกำหนดรหัสดังนี้

ส่วนที่ 1 คำตอบของคำถาม (A-tier)

ถ้านักเรียนตอบถูก ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนตอบผิด ให้รหัส 0

ส่วนที่ 2 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน A-tier

ถ้านักเรียนมั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 0

ส่วนที่ 3 เหตุผลของคำตอบ (R-tier)

ถ้านักเรียนตอบถูก ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนตอบผิด ให้รหัส 0

ส่วนที่ 4 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน R-tier

ถ้านักเรียนมั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 0

โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟาครอนบัก มีสูตรการคำนวณดังนี้

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

โดย α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟาครอนบาค

n คือ จำนวนข้อสอบทั้งหมดในแบบทดสอบ

S_i^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

S^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

$$S_i^2 = \frac{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N(N-1)}$$

โดย S_i^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

N คือ จำนวนนักเรียนที่สอบ

X_i คือ คะแนนของนักเรียนแต่ละคนที่ได้จากการตอบคำถามข้อที่ i

24. ปรับปรุงและแก้ไขแบบทดสอบวินิจฉัยสัปดาห์ชั้นจนมีคุณภาพ

25. จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสัปดาห์ชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ขั้นตอนที่ 6 เก็บรวบรวมข้อมูล

นำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่สร้างและพัฒนาจนมีประสิทธิภาพแล้วไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรีที่ได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่เสร็จสิ้นแล้ว ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 262 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 7 จัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

จัดกระทำข้อมูล

เกณฑ์การกำหนดรหัส

ในการทดสอบนักเรียนด้วยแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่นี้จะไม่ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน แต่จะกำหนดเกณฑ์การให้รหัส ดังนี้

ส่วนที่ 1 คำตอบของคำถาม (A-tier)

ถ้านักเรียนตอบถูก ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนตอบผิด ให้รหัส 0

ส่วนที่ 2 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน A-tier

ถ้านักเรียนมั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 0

ส่วนที่ 3 เหตุผลของคำตอบ (R-tier)

ถ้านักเรียนตอบถูก ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนตอบผิด ให้รหัส 0

หมายเหตุ ในส่วนที่ 3 จะประกอบด้วย 4 ตัวเลือก โดยตัวเลือกที่ 4 จะเว้นช่องว่างให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลตามแนวคิดของตนเองในกรณีที่นักเรียนมีแนวคิดหรือเหตุผลที่แตกต่างไปจากตัวเลือกที่กำหนดให้ ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณาเหตุผลของนักเรียนดังนี้

ถ้านักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์หรือถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ให้รหัส 1

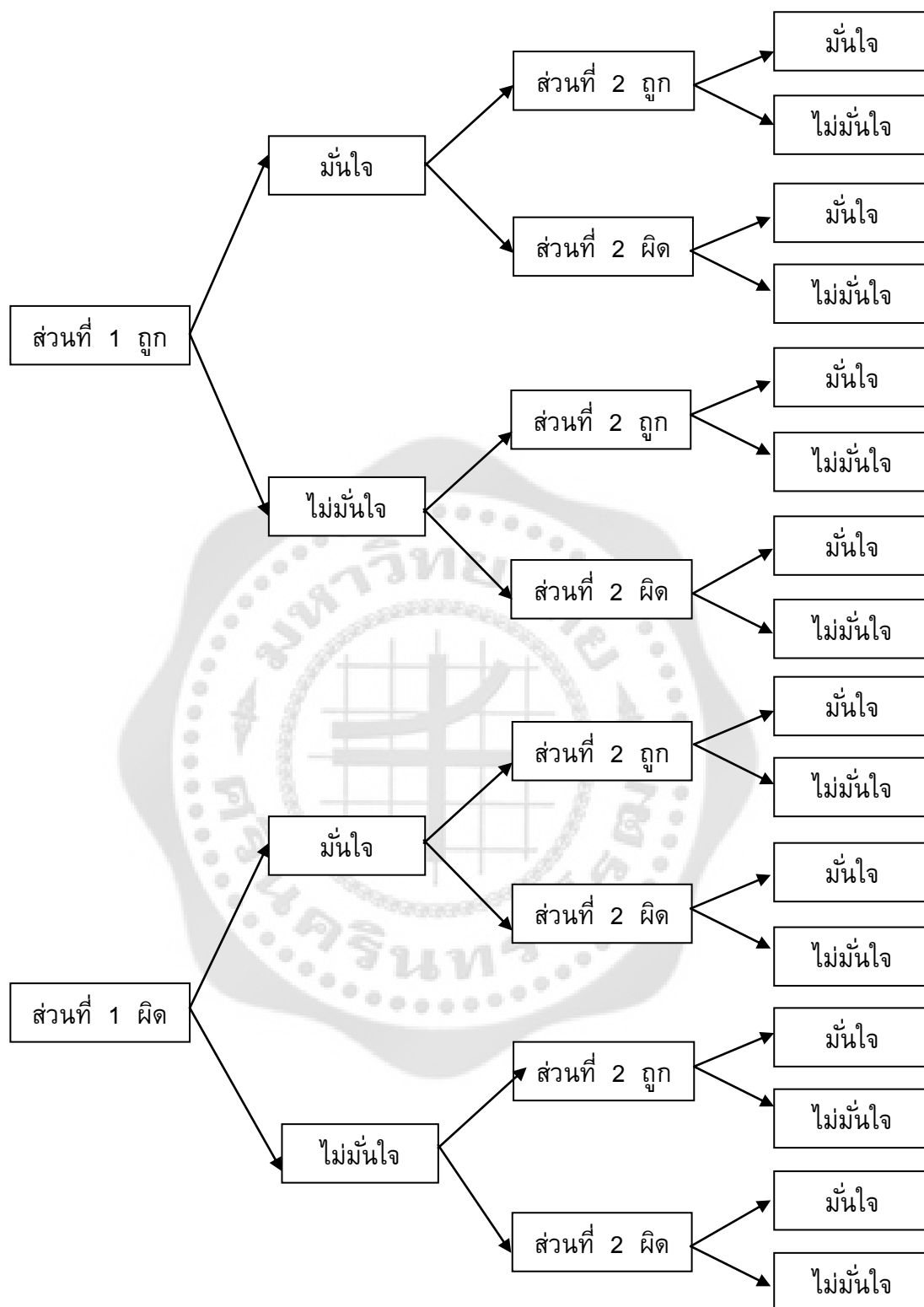
ถ้านักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบไม่ถูกต้องทั้งหมดหรือไม่ถูกต้องบางส่วน ให้รหัส 0

ส่วนที่ 4 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน R-tier

ถ้านักเรียนมั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 0

ดังนั้นลักษณะคำตอบของนักเรียนจะแบ่งเป็น 16 ลักษณะ ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 ลักษณะคำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ซึ่งเมื่อนำคำตอบของนักเรียนมากำหนดรหัสจะได้ดังตาราง 5

ตาราง 5 รหัสของลักษณะคำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ลักษณะที่	ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3	ส่วนที่ 4	รหัส (Code)
1	1	1	1	1	1111
2	1	1	1	0	1110
3	1	1	0	1	1101
4	1	1	0	0	1100
5	1	0	1	1	1011
6	1	0	1	0	1010
7	1	0	0	1	1001
8	1	0	0	0	1000
9	0	1	1	1	0111
10	0	1	1	0	0110
11	0	1	0	1	0101
12	0	1	0	0	0100
13	0	0	1	1	0011
14	0	0	1	0	0010
15	0	0	0	1	0001
16	0	0	0	0	0000

จากนั้นจึงทำการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดของนักเรียนโดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้
 กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ถูกต้อง ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) และมีความมั่นใจในคำตอบทั้งในส่วนคำตอบของคำถามและส่วนเหตุผลของคำตอบ ซึ่งได้แก่ รหัส 1111

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มของนักเรียนที่ขาดความมั่นใจในความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ตนเองมีแม้ว่านักเรียนจะตอบข้อคำถามถูกต้อง ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) แต่ไม่มีความมั่นใจในคำตอบในส่วนคำตอบของคำถามและ/หรือส่วนของเหตุผลของคำตอบ ซึ่งได้แก่ รหัส 1110, 1011 และ 1010

กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือกลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แวดวงวิทยาศาสตร์ให้การยอมรับ ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบผิดและมีความมั่นใจในคำตอบในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และ/หรือส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ซึ่งได้แก่ รหัส 1101, 1001, 0111, 0110, 0101, 0100 และ 0001

กลุ่มที่ 4 คือ กลุ่มของนักเรียนที่ขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือกลุ่มของนักเรียนที่มีความรู้ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ไม่เพียงพอที่จะนำความรู้ที่มีนั้นมาตอบคำถามได้ ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบผิดและไม่มีความมั่นใจในคำตอบในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และ/หรือส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ซึ่งได้แก่ รหัส 1100, 1000, 0011, 0010 และ 0000 ซึ่งการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดของนักเรียนนั้นสามารถแสดงได้ดังตาราง 6

ตาราง 6 การจัดกลุ่มรหัสแนวคิดของนักเรียน

ลักษณะที่	รหัส (Code)	กลุ่มแนวคิด
1	1111	แนวคิดที่ถูกต้อง
2	1110	ขาดความมั่นใจ
3	1101	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
4	1100	ขาดความรู้
5	1011	ขาดความมั่นใจ
6	1010	ขาดความมั่นใจ
7	1001	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
8	1000	ขาดความรู้
9	0111	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
10	0110	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
11	0101	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
12	0100	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
13	0011	ขาดความรู้
14	0010	ขาดความรู้
15	0001	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
16	0000	ขาดความรู้

วิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อทำการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดเรียบร้อยแล้วจึงคำนวณหาร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดลักษณะต่างๆ ทั้ง 4 ลักษณะ คือ แนวคิดถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้ แนวคิดคลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยจำแนกเป็นรายข้อ เพื่อพิจารณาว่าในแต่ละข้อคำถามนักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีแนวคิดในเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร รวมทั้งวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและกลุ่มขาดความรู้ในแต่ละมโนคติทั้ง 8 มโนคติโดยจำแนกเป็นรายข้อ เพื่อวิเคราะห์ว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในแต่ละมโนคติอย่างไร

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยเป็นไปตามความมุ่งหมายของการวิจัยในครั้งนี้มี 2 ประการ ดังนี้

1. เพื่อสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้แบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่สร้างและพัฒนาขึ้น

การดำเนินการวิจัยส่วนที่ 1 : การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ในการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นั้น ผู้วิจัยขอเสนอผลการพัฒนาแบบทดสอบตามลำดับขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดเนื้อหา เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ตามหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
2. ระบุข้อความรู้เชิงประพจน์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จำนวน 8 มโนมติ
3. พัฒนาแผนผังความคิด
4. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อความรู้เชิงประพจน์และความสอดคล้องของแผนผังความคิด กับข้อความรู้เชิงประพจน์โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (ภาคผนวก ก) ซึ่งผลการตรวจสอบ พบว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเห็นว่าข้อความรู้เชิงประพจน์มีความถูกต้องและแผนผังความคิดมีความสอดคล้องกับข้อความรู้เชิงประพจน์ และไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ซึ่งแสดงดังตาราง 7 และตาราง 8

ตาราง 7 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความรู้เชิงประพจน์โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อความรู้เชิงประพจน์	ผู้เชี่ยวชาญ				
	คน	คน	คน	คน	คน
	ที่ 1	ที่ 2	ที่ 3	ที่ 4	ที่ 5
มโนมติที่ 1 แรง	✓	✓	✓	✓	✓
มโนมติที่ 2 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน	✓	✓	✓	✓	✓

ตาราง 7 (ต่อ)

ข้อความรู้เชิงประพจน์	ผู้เชี่ยวชาญ				
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5
มโนมติที่ 3 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน	✓	✓	✓	✓	✓
มโนมติที่ 4 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน	✓	✓	✓	✓	✓
มโนมติที่ 5 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของ นิวตัน	✓	✓	✓	✓	✓
มโนมติที่ 6 น้ำหนัก	✓	✓	✓	✓	✓
มโนมติที่ 7 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	✓	✓	✓	✓	✓
มโนมติที่ 8 แรงเสียดทาน	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓ หมายถึง ข้อความรู้เชิงประพจน์มีความถูกต้อง
 ✕ หมายถึง ข้อความรู้เชิงประพจน์ไม่มีความถูกต้อง

ตาราง 8 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของแผนผังความคิดกับข้อความรู้เชิงประพจน์ เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ

	ผู้เชี่ยวชาญ				
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5
ความสอดคล้องของแผนผังความคิดกับข้อความรู้เชิงประพจน์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓ หมายถึง แผนผังความคิดมีความสอดคล้องกับข้อความรู้เชิงประพจน์
 ✕ หมายถึง แผนผังความคิดไม่มีความสอดคล้องกับข้อความรู้เชิงประพจน์

5. กำหนดและสร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้จากคู่มือครูหนังสือรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งแสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนคติ
1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของแรงได้	มโนคติที่ 1
2. นักเรียนสามารถเขียนเวกเตอร์แทนขนาดและทิศทางของแรงได้	มโนคติที่ 1
3. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของแรงลัพธ์ได้	มโนคติที่ 1
4. นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ของแรงย่อยหลายแรงในแนวเส้นตรงเดียวกันที่กระทำกับวัตถุโดยใช้เครื่องหมายบวก-ลบ แทนทิศทางของแรงที่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน	มโนคติที่ 1
5. นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยมได้	มโนคติที่ 2
6. นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกันโดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานได้	มโนคติที่ 2
7. นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกันโดยการคำนวณได้	มโนคติที่ 2
8. นักเรียนสามารถบอกกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้	มโนคติที่ 3
9. นักเรียนสามารถอธิบายสถานการณ์เพื่อนำไปสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้	มโนคติที่ 3
10. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของมวล และบอกได้ว่ามวลเป็นปริมาณสเกลาร์	มโนคติที่ 4
11. นักเรียนสามารถสรุปได้ว่า เมื่อมวลของวัตถุมีค่าคงตัว ขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุ	มโนคติที่ 4
12. นักเรียนสามารถสรุปได้ว่า เมื่อแรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุมีค่าคงตัว ขนาดของความเร่งจะแปรผกผันกับมวลของวัตถุนั้น	มโนคติที่ 4
13. นักเรียนสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่งตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้	มโนคติที่ 4
14. นักเรียนสามารถบอกได้ว่า ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุจะมีทิศทางเดียวกับทิศทางของแรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุ	มโนคติที่ 4
15. นักเรียนสามารถนำกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันไปแก้ปัญหาเมื่อกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องได้	มโนคติที่ 4
16. นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อนำไปสรุปเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันได้	มโนคติที่ 5
17. นักเรียนสามารถวิเคราะห์และบอกได้ว่าแรงคู่ใดเป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยาเมื่อกำหนดสถานการณ์ให้ได้	มโนคติที่ 5

ตาราง 9 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนคติ
18. นักเรียนสามารถบอกได้ว่าแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ คือ น้ำหนักของวัตถุ และน้ำหนักมีหน่วยเป็นนิวตัน	มโนคติที่ 6
19. นักเรียนสามารถบอกได้ว่าวัตถุก้อนเดียวกันเมื่อชั่งน้ำหนัก ณ บริเวณต่างกัน น้ำหนักของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเร่งโน้มถ่วง	มโนคติที่ 6
20. นักเรียนสามารถบอกกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันได้	มโนคติที่ 7
21. นักเรียนสามารถบอกได้ว่าสนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อมวลของวัตถุ ซึ่งเรียกว่า แรงโน้มถ่วง	มโนคติที่ 7
22. นักเรียนสามารถใช้กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันหาความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่ตำแหน่งต่างๆ ที่ห่างจากผิวโลก เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้ได้	มโนคติที่ 7
23. นักเรียนสามารถอธิบายสถานการณ์ที่ดาวเทียมมีความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากโลก และบอกความหมายของสภาพไร้น้ำหนักได้	มโนคติที่ 7
24. นักเรียนสามารถบอกความหมายของแรงเสียดทานได้	มโนคติที่ 8
25. นักเรียนสามารถจำแนกแรงเสียดทานออกเป็นแรงเสียดทานสถิตกับแรงเสียดทานจลน์ และสามารถอธิบายความหมายของแรงเสียดทานสถิตกับแรงเสียดทานจลน์ได้	มโนคติที่ 8
26. นักเรียนสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานกับแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากได้	มโนคติที่ 8
27. นักเรียนสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตและสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ได้	มโนคติที่ 8
28. นักเรียนสามารถวิเคราะห์แรงเสียดทานในสถานการณ์ต่างๆ และบอกวิธีเพิ่มหรือลดแรงเสียดทาน เพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	มโนคติที่ 8

6. ศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยจำแนกเป็นรายมโนคติ ซึ่งแสดงข้อมูลในบทที่ 3

7. นำข้อมูลแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนมาสร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

8. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 50 ข้อ โดยแสดงผลการตรวจสอบดังภาคผนวก ค ซึ่งจากผลการตรวจสอบพบว่า ข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้มีจำนวน 48 ข้อ และผู้วิจัยได้เพิ่มข้อคำถามอีกจำนวน 5 ข้อตาม

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่จึงมีข้อคำถามทั้งหมด 53 ข้อ

9. นำแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ไปสัมภาษณ์นักเรียนที่เรียน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้ว จำนวน 9 คน โดยแบ่งเป็น โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 3 คน โรงเรียนขนาดกลาง 3 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 3 คน ซึ่งเมื่อได้ผลการสัมภาษณ์มาแล้วผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียน และพบว่านักเรียนที่เข้าร่วมการสัมภาษณ์ยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ทั้ง 8 มโนติดังภาคผนวก ข

10. นำข้อมูลแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ได้จากการสัมภาษณ์ มาสร้างตัวลงในส่วนของคำตอบของคำถาม (A-tier) ในแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

11. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 48 ข้อ โดยแสดงผลการตรวจสอบ ดังภาคผนวก ง ซึ่งจากผลการตรวจสอบพบว่า ข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้มีจำนวน 48 ข้อ และผู้วิจัยได้เพิ่มข้อคำถามอีกจำนวน 2 ข้อตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่จึงมีข้อคำถามทั้งหมด 50 ข้อ

12. นำแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ไปทดสอบกับนักเรียนที่เรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้ว จำนวน 45 คน โดยแบ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 15 คน โรงเรียนขนาดกลาง 15 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 15 คน ซึ่งเมื่อได้ผลการทดสอบมาแล้วผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนซึ่งแสดงวิธีการวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ดังภาคผนวก ข

13. นำข้อมูลแนวคิดคลาดเคลื่อนที่ได้จากการอธิบายเหตุผลของคำตอบของนักเรียน จากแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่มีคำร้อยละ ของจำนวนนักเรียนที่ตอบมากที่สุดสองอันดับแรกมาสร้างตัวลงในส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ของแบบทดสอบวินิจฉัยสัปดาห์ชั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

14. สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยสัปดาห์ชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คำตอบของคำถาม (A-tier) จำนวน 3 ตัวเลือก ประกอบด้วยตัวเลือก ที่ถูกต้อง 1 ตัวเลือก และตัวลวง 2 ตัวเลือก

ส่วนที่ 2 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน A-tier 2 ระดับ คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

ส่วนที่ 3 เหตุผลของคำตอบ (R-tier) จำนวน 4 ตัวเลือก ประกอบด้วย ตัวเลือก ที่ถูกต้อง 1 ตัวเลือก ตัวลวง 2 ตัวเลือก และตัวเลือกที่ 4 จะเว้นช่องว่างให้นักเรียนเขียนอธิบาย เหตุผลอื่นๆ ตามแนวคิดของตนเองในกรณีที่นักเรียนมีแนวคิดหรือเหตุผลที่แตกต่างไปจากตัวเลือกที่

กำหนดให้

ส่วนที่ 4 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน R-tier 2 ระดับ คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ ซึ่งแสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้

แรงเป็นปริมาณชนิดใด และมีหน่วยในระบบ SI คืออะไร

ก. แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยในระบบ SI คือ เมตร/วินาที

ข. แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยในระบบ SI คือ นิวตัน

ค. แรงเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยในระบบ SI คือ นิวตัน

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

เหตุผล

1. เพราะแรงเป็นปริมาณที่มีขนาดแต่ไม่มีทิศทาง มีหน่วยเป็นนิวตัน

2. เพราะแรงเป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง มีหน่วยเป็นนิวตัน

3. เพราะแรงเป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง แรงสามารถทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นระยะทาง (เมตร) ในเวลา (วินาที)

4. เหตุผลอื่นๆ.....

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

15. กำหนดเกณฑ์การจัดกลุ่มรหัสแนวคิด ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องในการจัดกลุ่มรหัสแนวคิด ซึ่งประกอบด้วยลักษณะคำตอบ 16 ลักษณะ และจัดเป็นกลุ่มแนวคิด 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีแนวคิดถูกต้อง กลุ่มที่ขาดความมั่นใจในความรู้ กลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน และกลุ่มที่ขาดความรู้ โดยแสดงผลการตรวจสอบดังภาคผนวก ฉ จากผลการตรวจสอบพบว่าผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยว่าการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดมีความถูกต้องเหมาะสม และไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

ส่วนที่ 1 คำตอบของคำถาม (A-tier)

ถ้านักเรียนตอบถูก ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนตอบผิด ให้รหัส 0

ส่วนที่ 2 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน A-tier

ถ้านักเรียนมั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 0

ส่วนที่ 3 เหตุผลของคำตอบ (R-tier)

ถ้านักเรียนตอบถูก ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนตอบผิด ให้รหัส 0

ส่วนที่ 4 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน R-tier

ถ้านักเรียนมั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 0

ดังนั้นเมื่อทำการกำหนดรหัสแล้วจะได้ลักษณะรหัสทั้งหมด 16 ลักษณะดังตาราง 5 จากนั้นจึงทำการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดของนักเรียน โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และจัดกลุ่มรหัสแนวคิดของนักเรียนได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ถูกต้อง ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบถูกต้องทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) และมีความมั่นใจในคำตอบทั้งในส่วนคำตอบของคำถามและส่วนเหตุผลของคำตอบ ซึ่งได้แก่ รหัส 1111

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มของนักเรียนที่ขาดความมั่นใจในความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ตนเองมีแม้ว่านักเรียนจะตอบข้อคำถามถูกต้อง ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบถูกต้องทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) แต่ไม่มีความมั่นใจในคำตอบในส่วนคำตอบของคำถามและ/หรือส่วนของเหตุผลของคำตอบ ซึ่งได้แก่ รหัส 1110, 1011 และ 1010

กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือกลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แหวงวิทยาศาสตร์ให้การยอมรับ ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบผิดและมีความมั่นใจในคำตอบในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และ/หรือส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ซึ่งได้แก่ รหัส 1101, 1001, 0111, 0110, 0101, 0100 และ 0001

กลุ่มที่ 4 คือ กลุ่มของนักเรียนที่ขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือกลุ่มของนักเรียนที่มีความรู้ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ไม่เพียงพอที่จะนำความรู้ที่มีนั้นมาตอบคำถามได้ ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบผิดและไม่มีความมั่นใจในคำตอบในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และ/หรือส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ซึ่งได้แก่ รหัส 1100, 1000, 0011, 0010 และ 0000

16. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 50 ข้อ โดยแสดงผลการตรวจสอบดังภาคผนวก จ ซึ่งจากผลการตรวจสอบพบว่า ข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้มีจำนวน 50 ข้อ ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จึงมีข้อคำถามทั้งหมด 50 ข้อ

17. นำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้ว จำนวน 120 คน โดยแบ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 40 คน โรงเรียนขนาดกลาง 40 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 40 คน

18. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นมาหาค่าความเชื่อมั่นด้านการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นโดยหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟาครอนบัค (Cronbach's Alpha) เนื่องจากการหาค่าความเชื่อมั่นที่มีการกำหนดตัวเลขเป็นรหัสแนวคิด โดยมีค่าความเชื่อมั่นในการจัดกลุ่มรหัสแนวคิด คือ 0.91 และหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยการหาคุณภาพรายข้อ ได้แก่

ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนจากคำตอบของนักเรียนดังนี้

ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) จะได้ 1 คะแนน

ถ้านักเรียนตอบผิดในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) หรือตอบผิดในส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) หรือตอบผิดทั้งสองส่วน จะได้ 0 คะแนน

หมายเหตุ : ทั้งนี้การหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ทั้งฉบับ จะยังไม่นำระดับความมั่นใจในคำตอบของนักเรียนมาพิจารณา

ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ทั้งฉบับ ดังตาราง 10

ตาราง 10 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ทั้งฉบับ

ข้อ	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ผลการวิเคราะห์
1	0.54	0.61	ใช้ได้
2	0.66	0.58	ใช้ได้
3	0.78	0.26	ใช้ได้
4	0.57	0.45	ใช้ได้
5	0.58	0.26	ใช้ได้
6	0.50	0.52	ใช้ได้
7	0.73	0.39	ใช้ได้
8	0.49	0.29	ใช้ได้
9	0.49	0.71	ใช้ได้
10	0.52	0.58	ใช้ได้
11	0.34	0.58	ใช้ได้
12	0.46	0.35	ใช้ได้
13	0.48	0.42	ใช้ได้
14	0.63	0.55	ใช้ได้
15	0.48	0.48	ใช้ได้
16	0.38	0.55	ใช้ได้
17	0.64	0.55	ใช้ได้

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อ	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ผลการวิเคราะห์
18	0.50	0.84	ใช้ได้
19	0.53	0.81	ใช้ได้
20	0.60	0.51	ใช้ได้
21	0.49	0.61	ใช้ได้
22	0.70	0.68	ใช้ได้
23	0.82	0.58	ใช้ไม่ได้
24	0.57	0.48	ใช้ได้
25	0.73	0.71	ใช้ได้
26	0.58	0.39	ใช้ได้
27	0.15	0.10	ใช้ไม่ได้
28	0.40	0.55	ใช้ได้
29	0.39	0.52	ใช้ได้
30	0.61	0.68	ใช้ได้
31	0.56	0.71	ใช้ได้
32	0.66	0.32	ใช้ได้
33	0.52	0.52	ใช้ได้
34	0.13	0.16	ใช้ไม่ได้
35	0.53	0.55	ใช้ได้
36	0.25	0.03	ใช้ไม่ได้
37	0.49	0.61	ใช้ได้
38	0.11	0.03	ใช้ไม่ได้
39	0.40	0.61	ใช้ได้
40	0.50	0.77	ใช้ได้
41	0.50	0.52	ใช้ได้
42	0.82	0.61	ใช้ไม่ได้
43	0.69	0.61	ใช้ได้
44	0.53	0.55	ใช้ได้
45	0.50	0.52	ใช้ได้
46	0.37	0.29	ใช้ได้
47	0.48	0.71	ใช้ได้
48	0.83	0.35	ใช้ไม่ได้

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อ	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ผลการวิเคราะห์
49	0.39	0.71	ใช้ได้
50	0.52	0.65	ใช้ได้
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ = 0.89			

หมายเหตุ ตัวเลขที่ระบายแถบสีเทา หมายถึง ตัวเลขที่มีค่าความยากง่ายหรือค่าอำนาจจำแนกที่ไม่อยู่ในช่วงค่าความยากง่ายหรือค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสม

จากตาราง 10 พบว่า ข้อคำถามของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จำนวน 50 ข้อ มีค่าความยากง่ายที่เหมาะสม จำนวน 44 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสม จำนวน 46 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ คือ 0.89

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ประกอบกันแล้วพบว่า มีข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่เหมาะสมจำนวน 43 ข้อ อย่างไรก็ตามเพื่อให้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นฉบับที่ปรับปรุงมีจำนวนข้อคำถามที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกจำนวนข้อคำถามให้เหลือ 40 ข้อ โดยได้ทำการพิจารณาตัดข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกน้อยออกไปจำนวน 3 ข้อ ทั้งนี้ข้อคำถามทั้ง 40 ข้อยังสอดคล้องและตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งหมดที่กำหนดไว้

19. เมื่อได้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ฉบับที่มีประสิทธิภาพแล้วดังตัวอย่างในภาคผนวก ฅ และได้จัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ดังภาคผนวก ญ แล้วจึงนำไปศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรีที่ได้เรียนรู้เนื้อหาทฤษฎีฟิสิกส์เพิ่มเติมเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่เสร็จสิ้นแล้ว ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 262 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง

การดำเนินการวิจัยส่วนที่ 2 : การศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

เมื่อผู้วิจัยสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จนมีประสิทธิภาพแล้วจึงนำไปศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของกลุ่มประชากรซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2557 จำนวน

617 คน โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 262 คน (โดยคำนวณจากสูตรของทาโร ยามาเน่ โดยกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง 5%) ซึ่งทำการสุ่มแบบแบ่งชั้น ตามขนาดของโรงเรียนและแบ่งจำนวนกลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนจำนวนประชากรในแต่ละขนาดของโรงเรียน ประกอบด้วยโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 103 คน โรงเรียนขนาดกลาง 91 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 68 คน

เมื่อทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ข้อมูลแนวคิดของนักเรียนโดยจำแนกตามลักษณะแนวคิดของนักเรียนเป็น 4 ลักษณะแนวคิด ดังตาราง 11

ตาราง 11 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีลักษณะแนวคิดในแต่ละลักษณะโดยจำแนกเป็นรายข้อ

ข้อ ที่	แนวคิด ถูกต้อง		ขาดความมั่นใจ ในความรู้		แนวคิด คลาดเคลื่อน		ขาดความรู้	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1	66	25.2	21	8.0	127	48.5	48	18.3
2	138	52.7	39	14.9	57	21.8	28	10.7
3	214	81.7	27	10.3	11	4.2	10	3.8
4	118	45.0	64	24.4	32	12.2	48	18.3
5	64	24.4	31	11.8	99	37.8	68	26.0
6	184	70.2	35	13.4	21	8.0	22	8.4
7	35	13.4	28	10.7	103	39.3	96	36.6
8	70	26.7	52	19.8	64	24.4	76	29.0
9	34	13.0	60	22.9	67	25.6	101	38.5
10	42	16.0	31	11.8	114	43.5	75	28.6
11	46	17.6	37	14.1	127	48.5	52	19.8
12	89	34.0	37	14.1	66	25.2	70	26.7
13	50	19.1	30	11.5	97	37.0	85	32.4
14	30	11.5	18	6.9	151	57.6	63	24.0
15	109	41.6	42	16.0	71	27.1	40	15.3
16	51	19.5	20	7.6	153	58.4	38	14.5
17	64	24.4	47	17.9	80	30.5	71	27.1
18	46	17.6	62	23.7	91	34.7	63	24.0
19	25	9.5	36	13.7	77	29.4	124	47.3
20	105	40.1	49	18.7	80	30.5	28	10.7
21	55	21.0	48	18.3	97	37.0	62	23.7
22	52	19.8	58	22.1	70	26.7	82	31.3

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อ ที่	แนวคิด ถูกต้อง		ขาดความมั่นใจ ในความรู้		แนวคิด คลาดเคลื่อน		ขาดความรู้	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
23	96	36.6	61	23.3	42	16.0	63	24.0
24	31	11.8	51	19.5	82	31.3	98	37.4
25	40	15.3	44	16.8	117	44.7	61	23.3
26	67	25.6	42	16.0	75	28.6	78	29.8
27	114	43.5	86	32.8	32	12.2	30	11.5
28	52	19.8	69	26.3	71	27.1	70	26.7
29	65	24.8	48	18.3	87	33.2	62	23.7
30	74	28.2	50	19.1	82	31.3	56	21.4
31	26	9.9	42	16.0	60	22.9	134	51.1
32	41	15.6	47	17.9	69	26.3	105	40.1
33	65	24.8	43	16.4	105	40.1	49	18.7
34	165	63.0	31	11.8	38	14.5	28	10.7
35	43	16.4	62	23.7	47	17.9	110	42.0
36	33	12.6	23	8.8	106	40.5	100	38.2
37	12	4.6	31	11.8	89	34.0	130	49.6
38	36	13.7	57	21.8	93	35.5	76	29.0
39	38	14.5	40	15.3	90	34.4	94	35.9
40	63	24.0	38	14.5	82	31.3	79	30.2

จากตาราง 11 พบว่า

ข้อคำถามที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้อง เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มีจำนวน 10 ข้อ ได้แก่ข้อ 2, 3, 4, 6, 12, 15, 20, 23, 27 และ 34

ข้อคำถามที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ขาดความมั่นใจในความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือ ตอบข้อคำถามถูกต้องแต่ไม่มั่นใจในคำตอบที่ตนเองตอบ มีจำนวน 0 ข้อ

ข้อคำถามที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือ มีแนวคิดเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ที่แตกต่างไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แวดวงวิทยาศาสตร์ให้การยอมรับและแตกต่างไปจากข้อความรู้เชิงประจักษ์ มีจำนวน 19 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 5, 7, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 21, 25, 28, 29, 30, 33, 36, 38 และ 40

ข้อคำถามที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

คือ มีความรู้ในเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ แต่ความรู้ที่มีนั้นไม่เพียงพอที่จะนำมาตอบคำถามได้ มีจำนวน 11 ข้อ ได้แก่ข้อ 8, 9, 19, 22, 24, 26, 31, 32, 35, 37 และ 39

นอกจากนี้เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะแนวคิดทั้ง 4 ลักษณะแนวคิดโดยจำแนกเป็นรายข้อแล้วผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในแต่ละมโนคติทั้ง 8 มโนคติ โดยจำแนกเป็นรายข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการวิเคราะห์ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตาราง 12 ตัวอย่างจำนวนของคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ ซึ่งจำแนกเป็นรายข้อ

ข้อที่ X	คำตอบ												รวม
	ก	ก	ก	ก	ข	ข	ข	ข	ค	ค	ค	ค	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
จำนวนนักเรียน ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน	5	56	9	0	5	12	36	0	0	0	3	1	127
จำนวนนักเรียน ที่ขาดความรู้	6	16	1	0	2	1	14	0	0	3	5	0	48
รวม	11	72	10	0	7	13	50	0	0	3	8	1	175

โดย ก1 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ก และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 1

ก2 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ก และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 2

ก3 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ก และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 3

ก4 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ก และเลือกแสดงเหตุผลของคำตอบเอง

ข1 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ข และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 1

ข2 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ข และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 2

ข3 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ข และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 3

ข4 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ข และเลือกแสดงเหตุผลของคำตอบเอง

ค1 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ค และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 1

ค2 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ค และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 2

ค3 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ค และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 3

ค4 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ค และเลือกแสดงเหตุผลของคำตอบเอง

จากตาราง 12 จะพบว่านักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ส่วนใหญ่

เลือกตอบ ก2 และ ข3 มากที่สุดตามลำดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำคำตอบดังกล่าวมาพิจารณาวิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ของนักเรียนต่อไป ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้โดยจำแนกเป็นรายมโนมติทั้ง 8 มโนมติ (จำนวน 40 ข้อ) พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ดังนี้

มโนมติที่ 1 เรื่อง แรง นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ดังนี้

1. ผลของแรงทำให้วัตถุเปลี่ยนเฉพาะขนาดของความเร็วเท่านั้น ไม่สามารถเปลี่ยนทิศทางของความเร็วและรูปร่างของวัตถุได้
2. ผลของแรงทำให้วัตถุเปลี่ยนเฉพาะทิศทางของความเร็วเท่านั้น ไม่สามารถเปลี่ยนขนาดของความเร็วและรูปร่างของวัตถุได้
3. หน่วยของแรงในระบบ SI คือ เมตรวินาที เพราะแรงทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นระยะทางในหน่วยเมตรต่อเวลาในหน่วยวินาที
4. การเขียนเวกเตอร์ของแรงเพื่อแสดงขนาดและทิศทางของแรงสามารถเขียนทิศทางของแรงไปทางทิศใดก็ได้
5. แรงลัพธ์คือค่าเฉลี่ยของแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุ
6. แรงลัพธ์คือผลรวมของแรงเฉพาะด้านที่มีจำนวนแรงมากกว่า
7. แรงลัพธ์มีทิศทางไปทางด้านที่มีผลรวมของแรงมากกว่า
8. การรวมแรงแบบเวกเตอร์แรงที่มีทิศเดียวกันจะต้องหักล้างกัน
9. การรวมแรงแบบเวกเตอร์ แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุจะเป็นศูนย์ก็ต่อเมื่อแรงใดแรงหนึ่งที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์

มโนมติที่ 2 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุกกัน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ดังนี้

1. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุกกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยมจะต้องนำหางลูกศรของแรงทั้งสองมาต่อกัน ซึ่งคำนึงถึงขนาดและทิศทางของแรง โดยเวกเตอร์ของแรงลัพธ์จะลากจากหัวลูกศรของแรงหนึ่งไปยังหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง
2. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุกกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยมจะต้องนำหางลูกศรของแรงหนึ่งมาต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง โดยไม่ต้องคำนึงถึงทิศทางของแรง
3. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุกกันโดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานจะต้องนำแรงทั้งสองมาต่อกันแบบหางต่อหัวหรือหัวต่อหาง โดยไม่ต้องคำนึงถึงทิศทางของแรง แล้วสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน จากนั้นจึงทำการลากเวกเตอร์ของแรงลัพธ์ออกจากมุมที่หางลูกศรกับหัวลูกศรต่อกันไปยังมุมอีกด้านหนึ่ง
4. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุกกันโดยการคำนวณเมื่อทำการแตกแรงที่ไม่ได้อยู่ในแนวแกน x และ y ให้อยู่ในแนวแกน x และ y แล้ว จะหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเฉพาะผลบวกของแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุในแนวแกน x เท่านั้น

5. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุมกันโดยการคำนวณเมื่อทำการแตกแรงที่ไม่ได้อยู่ในแนวแกน x และ y ให้อยู่ในแนวแกน x และ y แล้ว จะหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเฉพาะผลบวกของแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุในแนวแกน x เท่านั้น

6. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุมกันโดยการคำนวณเมื่อทำการแตกแรงที่ไม่ได้อยู่ในแนวแกน x และ y ให้อยู่ในแนวแกน x และ y แล้ว จะต้องทำการแตกแรงที่อยู่ในแนวแกน x อยู่แล้วอีกด้วย

มโนมติที่ 3 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ดังนี้

1. วัตถุที่หยุดนิ่ง แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ เนื่องจากไม่มีแรงใดๆ มากระทำกับวัตถุ

2. ถ้าขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ จะเกิดในกรณีที่วัตถุไม่เคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวแสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุไม่เป็นศูนย์

3. วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวแสดงว่าขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุไม่เป็นศูนย์ โดยขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุจะมีค่าเท่ากับความเร็วของวัตถุนั้น

4. วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวแสดงว่าขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุไม่เป็นศูนย์ โดยขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุจะมีค่าน้อยกว่าความเร็วของวัตถุนั้น เนื่องจากมีผลของแรงเสียดทานเข้ามาเกี่ยวข้อง

มโนมติที่ 4 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ดังนี้

1. มวลคือน้ำหนักของวัตถุ

2. มวลมีหน่วยในระบบ SI คือ นิวตัน

3. มวลเป็นปริมาณเวกเตอร์ เพราะมีทั้งขนาดและทิศทาง

4. มวลของวัตถุมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเร่งสนามโน้มถ่วง

5. เมื่อมวลของวัตถุคงตัว ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุจะแปรผกผันกับขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ

6. เมื่อขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีค่าคงตัว ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุจะแปรผันตรงกับมวลของวัตถุ

7. เมื่อความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุมีค่าคงตัว ขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุจะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ

8. ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเท่านั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุ

9. ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุเท่านั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ

10. เมื่อต้องการให้ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุมีค่าคงตัว การเพิ่มมวลของวัตถุขึ้นเล็กน้อยจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ

11. ทิศความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุมีทิศตรงข้ามกับทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ
มโนมติที่ 5 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ดังนี้

1. เมื่อเราออกแรงกระทำกับวัตถุหนึ่งให้เคลื่อนที่เป็นแรงกิริยา แรงปฏิกิริยาจะมีทิศเดียวกับทิศที่เราออกแรงกระทำกับวัตถุ แต่มีขนาดของแรงน้อยกว่า เนื่องจากมีผลของแรงเสียดทานเข้ามาเกี่ยวข้อง

2. แรงกิริยากับแรงปฏิกิริยาเป็นแรงภายนอกที่มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงกันข้าม โดยแรงทั้งสองจะกระทำกับวัตถุก่อนเดียวกัน ทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจึงไม่เคลื่อนที่

มโนมติที่ 6 เรื่อง น้ำหนัก นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ดังนี้

1. น้ำหนักเป็นปริมาณสเกลาร์ เพราะมีขนาดแต่ไม่มีทิศทาง
2. น้ำหนักเป็นปริมาณเวกเตอร์ เพราะมีขนาดแต่ไม่มีทิศทาง
3. น้ำหนักมีหน่วยในระบบ SI คือ กิโลกรัม
4. น้ำหนักมีค่าแปรผกผันกับค่าความเร่งสนามโน้มถ่วง
5. น้ำหนักมีค่าคงตัวไม่ขึ้นอยู่กับค่าความเร่งสนามโน้มถ่วง

มโนมติที่ 7 เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ดังนี้

1. วัตถุที่อยู่บนพื้นโลกเท่านั้นที่สามารถออกแรงกระทำต่อกันได้ วัตถุที่อยู่ในอวกาศไม่สามารถออกแรงกระทำต่อกันได้เนื่องจากในอวกาศไม่มีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำกับวัตถุ

2. ตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน แรงดึงดูดระหว่างมวลมีค่าขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุทั้งสองเท่านั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสอง

3. ตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันวัตถุยิ่งอยู่ห่างกันมากยิ่งมีแรงดึงดูดระหว่างมวลกระทำต่อกันมากเพื่อไม่ให้วัตถุหลุดออกจากกัน

4. สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วงซึ่งออกแรงดึงดูดมวลของวัตถุทำให้วัตถุมีมวลเปลี่ยนไป ยิ่งแรงโน้มถ่วงมากมวลของวัตถุก็จะเพิ่มขึ้น

$$5. \text{ จากสมการ } F = (Gm_1m_2)/R^2$$

F คือ ค่าคงตัวโน้มถ่วงสากล

G คือ ค่าความเร่งสนามโน้มถ่วงของโลก ณ ตำแหน่งที่วัตถุอยู่

G คือ ค่าความเร่งสนามโน้มถ่วงที่ผิวโลก ($9.8 \text{ เมตร/วินาที}^2$)

6. ค่าความเร่งสนามโน้มถ่วงของโลกแปรผันตรงกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างโลกกับตำแหน่งที่วัตถุอยู่

7. ค่าความเร่งสนามโน้มถ่วงของโลก ณ ตำแหน่งใดๆ จะมีค่าคงตัวเสมอคือ 9.8 m/s^2

8. อากาศและวัตถุที่สามารถลอยอยู่ในอากาศได้เป็นวัตถุที่อยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก เนื่องจากอากาศและวัตถุเหล่านี้มีขนาดเล็กมาก น้ำหนักน้อยมาก จึงไม่มีแรงโน้มถ่วงของโลก กระทำกับมวลของอากาศและวัตถุเหล่านี้

มโนคติที่ 8 เรื่อง แรงเสียดทาน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ดังนี้

1. แรงเสียดทานมีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ
2. แรงเสียดทานสถิตเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว
3. แรงเสียดทานจลน์เป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุกำลังจะเคลื่อนที่
4. วัตถุที่มีแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากมาก จะทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก ส่งผลให้ค่าแรงเสียดทานมีค่าเพิ่มมากขึ้น
5. เมื่อสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสมีค่าคงตัว ค่าแรงเสียดทานจะแปรผกผันกับแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉาก
6. เมื่อแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากมีค่าคงตัว ค่าแรงเสียดทานจะแปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส
7. วัตถุเดียวกันย่อมมีแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากเท่ากันดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสย่อมมีค่าเท่ากันแม้ว่าจะออกแรงกระทำกับวัตถุบนพื้นต่างชนิดกันก็ตาม
8. ค่าแรงเสียดทานไม่ขึ้นอยู่กับแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากของวัตถุ
9. ค่าแรงเสียดทานไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของผิวสัมผัสของวัตถุ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยของสรุปความมุ่งหมาย ขอบเขตของการวิจัย และวิธีดำเนินการวิจัย โดยสังเขป ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่สร้างและพัฒนาขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2557 ในจังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 617 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้เนื้อหารายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เสร็จสิ้นแล้ว ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวนอย่างน้อย 243 คน (คำนวณจากสูตรของ Taro Yamane กำหนดระดับความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง 5%) โดยในการวิจัยครั้งนี้มีนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 262 คน โดยสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ตามขนาดของโรงเรียน คือ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 103 คน โรงเรียนขนาดกลาง 91 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 68 คน ตามสัดส่วนจำนวนประชากรในแต่ละขนาดของโรงเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างในแต่ละขนาดของโรงเรียนจะทำการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหา เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ตามหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเนื้อหาย่อยประกอบด้วย

- แรง

- การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน
- กฎการเคลื่อนที่
- น้ำหนัก
- กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
- แรงเสียดทาน

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยส่วนที่ 1 : การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจปัญหาโดยศึกษาผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากผลการทดสอบระดับชาติและระดับนานาชาติ พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดสิงห์บุรี มีปัญหาการเรียนรู้ในเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยจึงดำเนินการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ของโรงเรียนต่างๆ ในจังหวัดสิงห์บุรีจำนวน 10 ท่านเกี่ยวกับลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียน พบว่า แบบทดสอบที่ใช้ทดสอบนักเรียนนั้นมีทั้งแบบทดสอบอัตนัยและแบบทดสอบปรนัยซึ่งวัดความรู้ด้านพุทธิพิสัยหลายระดับ ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ แต่อย่างไรก็ตามแบบทดสอบของบางโรงเรียนไม่สามารถวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ รวมทั้งไม่สามารถแยกได้ว่าการที่นักเรียนตอบถูกนั้นมาจากเหตุผลที่ถูกต้องหรือผิด หรือเกิดจากการเดาคำตอบ ดังนั้นจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยจึงเห็นประโยชน์และข้อดีของแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เนื่องจากสามารถวัดจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียนได้มีประสิทธิภาพและถูกต้อง จึงมีความสนใจที่จะสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยในการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ดังกล่าวนี้มีขั้นตอน คือ วิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดสาระที่ 4 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และกำหนดเนื้อหา เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ตามหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 จากนั้นจึงกำหนดข้อความรู้เชิงประพจน์และสร้างแผนผังความคิด ประกอบด้วย 8 มโนมติ ได้แก่

- มโนมติที่ 1 เรื่อง แรง
- มโนมติที่ 2 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน
- มโนมติที่ 3 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน
- มโนมติที่ 4 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน
- มโนมติที่ 5 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน

มโนคติที่ 6 เรื่อง น้ำหนัก

มโนคติที่ 7 เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

มโนคติที่ 8 เรื่อง แรงเสียดทาน

นำข้อความรู้เชิงประพจน์และแผนผังความคิดให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม จากนั้นจึงกำหนดและสร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลมาสร้างแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามสัมภาษณ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำแบบสัมภาษณ์ไปสัมภาษณ์นักเรียนที่เรียน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้ว จำนวน 9 คน เพื่อนำแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากการสัมภาษณ์ไปสร้างตัวลงของแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบดังกล่าว จากนั้นจึงนำแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิดไปทดสอบนักเรียนที่เรียน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้ว จำนวน 45 คน เพื่อนำแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดสอบไปสร้างตัวลงของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบดังกล่าวอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงนำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วจำนวน 120 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น ได้แก่ ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ รวมทั้งจัดทำเกณฑ์การจัดกลุ่มรหัสแนวคิด 16 ลักษณะ ประกอบด้วย 4 กลุ่ม คือ กลุ่มแนวคิดถูกต้อง กลุ่มขาดความมั่นใจในความรู้ กลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน และกลุ่มขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดดังกล่าว รวมทั้งหาค่าความเชื่อมั่นในการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดโดยหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นแอลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient)

ทั้งนี้ลักษณะของข้อคำถามของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นจะมีลักษณะดังนี้

1. ข้อคำถาม ข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเป็นข้อคำถามที่มีแนวคิดสอดคล้องกับเนื้อหาเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จำนวน 40 ข้อ

2. การตอบข้อคำถาม ผู้วิจัยได้กำหนดการตอบข้อคำถามโดยพิจารณาแยกออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 (A-tier) คือ คำตอบของคำถาม ประกอบด้วยตัวเลือก 3 ตัวเลือก โดย 1 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 2 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือตัวลงที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ส่วนที่ 2 (C_A-tier) คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถาม ประกอบด้วย 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

ส่วนที่ 3 (R-tier) คือ เหตุผลของคำตอบ ประกอบด้วยตัวเลือก 4 ตัวเลือก โดย 1 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง อีก 2 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือตัวลวงที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยตัวเลือกที่ 4 จะเป็นเหตุผลอื่นๆ ซึ่งจะเว้นช่องว่างให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลตามแนวคิดของตนเองในกรณีที่นักเรียนมีแนวคิดหรือเหตุผลที่แตกต่างไปจากตัวเลือกที่กำหนดให้

ส่วนที่ 4 (C_R-tier) คือ ระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบ ประกอบด้วย 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

การดำเนินการวิจัยส่วนที่ 2 : การศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

เมื่อได้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ฉบับที่มีประสิทธิภาพแล้วจึงนำไปศึกษาแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 262 คน เมื่อทำการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ข้อมูลแนวคิดของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 แนวคิด ได้แก่ แนวคิดถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้ แนวคิดคลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยจำแนกเป็นรายข้อและทำการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและกลุ่มขาดความรู้ในแต่ละมโนคติทั้ง 8 มโนคติโดยจำแนกเป็นรายข้อ เพื่อวิเคราะห์ว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในแต่ละมโนคติอย่างไร

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยส่วนที่ 1 : การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มีจำนวนข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมจำนวน 43 ข้อ และเพื่อความเหมาะสมของจำนวนข้อคำถามจึงเลือกข้อคำถามให้เหลือจำนวน 40 ข้อ ทั้งนี้ข้อคำถามทั้ง 40 ข้อยังสอดคล้องและตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งหมดที่กำหนดไว้ ข้อคำถามแต่ละข้อมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.34 – 0.78 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.26 – 0.84 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน เท่ากับ 0.89

สรุปผลการวิจัยส่วนที่ 2 : การศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

จากการนำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ฉบับที่สร้างและพัฒนาจนมีประสิทธิภาพแล้วนั้นไปศึกษาแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 262 คน พบว่า

ข้อคำถามที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้อง เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มีจำนวน 10 ข้อ

ข้อคำถามที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ขาดความมั่นใจในความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือ ตอบข้อคำถามถูกต้องแต่ไม่มั่นใจในคำตอบที่ตนเองตอบ มีจำนวน 0 ข้อ

ข้อคำถามที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือ มีแนวคิดเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ที่แตกต่างไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แวดวงวิทยาศาสตร์ให้การยอมรับและแตกต่างไปจากข้อความรู้เชิงประพจน์ มีจำนวน 19 ข้อ

ข้อคำถามที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือ มีความรู้ในเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ แต่ความรู้ที่มีนั้นไม่เพียงพอที่จะนำมาตอบคำถามได้ มีจำนวน 11 ข้อ

ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีข้อคำถาม เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่จำนวนมากที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและขาดความรู้

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและกลุ่มขาดความรู้ในแต่ละมโนคติทั้ง 8 มโนคติโดยจำแนกเป็นรายข้อแล้วพบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ทั้ง 8 มโนคติ

มโนคติที่ 1 เรื่อง แรง นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในหัวข้อต่อไปนี้ นิยามความหมายของแรง, หน่วยของแรงในระบบ SI, เขียนเวกเตอร์แสดงขนาดและทิศทางของแรง, นิยามความหมายของแรงลัพธ์, การหาแรงลัพธ์ของแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุ และการระบุทิศทางของแรงลัพธ์

มโนคติที่ 2 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในหัวข้อต่อไปนี้ การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยม การสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน และการคำนวณ

มโนคติที่ 3 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในหัวข้อต่อไปนี้ ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ และค่าของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

มโนคติที่ 4 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในหัวข้อต่อไปนี้ นิยามความหมายของมวล, หน่วยของมวลในระบบ SI, ความสัมพันธ์ระหว่างทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุกับทิศของความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ และความสัมพันธ์ระหว่างมวล ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ และแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ

มโนคติที่ 5 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในหัวข้อต่อไปนี้ นิยามความหมายของแรงกิริยา-ปฏิกิริยา และความสัมพันธ์ระหว่างทิศของแรงกิริยากับทิศของแรงปฏิกิริยา

มโนคติที่ 6 เรื่อง น้ำหนัก นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในหัวข้อต่อไปนี้ นิยามความหมายของน้ำหนัก, หน่วยของน้ำหนักในระบบ SI และความสัมพันธ์

ระหว่างน้ำหนักกับค่าความเร่งสนามโน้มถ่วง

มโนมติที่ 7 เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในหัวข้อต่อไปนี้ นิยามของกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน, การคำนวณค่าต่างๆ จากสมการ $F = (Gm_1m_2)/R^2$, ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร่งสนามโน้มถ่วงของโลกกับระยะห่างจากโลก ณ ตำแหน่งที่วัตถุอยู่ และความหมายของวัตถุที่อยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก

มโนมติที่ 8 เรื่อง แรงเสียดทาน นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในหัวข้อต่อไปนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างทิศของแรงเสียดทานกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ, นิยามความหมายของแรงเสียดทานสถิตกับแรงเสียดทานจลน์, ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงเสียดทานแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉาก และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส, ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของพื้นผิวสัมผัสกับค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส

อภิปรายผลการวิจัย

แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยที่พัฒนามาจากแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นและแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของแบบทดสอบดังกล่าว เนื่องจากแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นมีข้อจำกัดคือการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนสูงเกินไป (Turker. 2005: 2; citing Griffard; & Wandersee. 2001. *International Journal of Science Education*. 23(10) เนื่องจากไม่สามารถแยกแยะระหว่างแนวคิดที่คลาดเคลื่อนกับการขาดความรู้ของนักเรียนได้ นอกจากนี้ยังไม่สามารถแยกได้ว่าการที่นักเรียนตอบถูกนั้นมาจากการที่นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องหรือเกิดจากการเดา (Guessing) ดังนั้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวจึงมีการเพิ่มระดับความมั่นใจในคำตอบ (Confidence level) ของแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น (Caleon; & Subramaniam. 2009: 314) เมื่อมีการเพิ่มระดับความมั่นใจในคำตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นจึงได้พัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นและแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น โดยลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 คำตอบของคำถาม ส่วนที่ 2 เหตุผลของคำตอบ และส่วนที่ 3 ระดับความมั่นใจในคำตอบของส่วนที่ 1 และ 2 ซึ่งงานวิจัยที่ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์นั้นมีหลายงานวิจัย เช่น งานวิจัยของเตอร์เกอร์ (Turker. 2005) ที่ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่, งานวิจัยของเพสแมนและอีรายิลเทซ (Pesman; & Eryilmaz. 2010) ที่ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกรด 9 เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย และงานวิจัยของดินดาร์และจีบัน (Dindar; & Geban. 2011) ที่ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา เรื่อง กรดและเบส เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น

ก็ยังมีข้อจำกัดคือ การวัดระดับความมั่นใจในคำตอบนั้นเป็นการวัดทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม และเหตุผลของคำตอบ ซึ่งไม่มีความชัดเจนเพียงพอถ้านักเรียนมีระดับความมั่นใจในคำตอบทั้งสองส่วน แตกต่างกัน (Caleon; & Subramaniam. 2009: 315) ดังนั้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวจึงมีการพัฒนา เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น โดยลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นจะประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 คำตอบของคำถาม ส่วนที่ 2 ระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถาม ส่วนที่ 3 เหตุผลของคำตอบ และส่วนที่ 4 ระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบ ดังเช่นงานวิจัยของ คาเลออน และซุบรามาเนียม (Caleon; & Subramaniam. 2009) ที่ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัย สี่ลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกรด 9 และ 10 เรื่อง คลื่น พบว่า นักเรียน มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่อง คลื่น โดยนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในส่วนคำตอบของคำถาม มากกว่าส่วนเหตุผลของคำตอบ รวมทั้งมีนักเรียนถึงร้อยละ 43 ที่มีระดับความมั่นใจในคำตอบ ในส่วนของคำตอบของคำถามแตกต่างกับระดับความมั่นใจในคำตอบในส่วนของเหตุผลของคำตอบ ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นนั้นมีข้อดี คือ สามารถแก้ไขข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัย สองลำดับขั้นและแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นได้ อีกทั้งสามารถจำแนกลักษณะแนวคิดของนักเรียน ได้อย่างละเอียดและชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามในการนำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นไปใช้นั้น ก็มีข้อจำกัด เนื่องจากเป็นแบบทดสอบสำหรับวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบใหม่ที่ไม่เคยใช้ ในบริบทโรงเรียนของไทยมากนักดังนั้นในการทำข้อสอบของนักเรียนอาจทำให้นักเรียนเกิดความไม่เข้าใจ ในการเลือกคำตอบและเลือกระดับความมั่นใจในคำตอบ ยิ่งไปกว่านั้นสำหรับครูที่จะนำแบบทดสอบ วินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ไปใช้ต้องคำนึงถึงการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่ม แนวคิดของนักเรียนซึ่งใช้วิธีการกำหนดรหัสแนวคิด ซึ่งแตกต่างไปจากแบบทดสอบโดยทั่วไป ที่มีการกำหนดเกณฑ์เป็นคะแนน

นอกจากนี้แล้วเมื่อนำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่สร้าง และพัฒนาขึ้นไปศึกษาแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 262 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 103 คน โรงเรียนขนาดกลาง 91 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 68 คน ตามสัดส่วนจำนวนประชากรในแต่ละขนาดของโรงเรียน พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ อยู่ในกลุ่มนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน รองลงมาคือกลุ่มขาดความรู้ กลุ่มแนวคิดถูกต้อง และ กลุ่มขาดความมั่นใจในความรู้ตามลำดับ ซึ่งทั้งนี้การที่นักเรียนมีแนวคิดในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่คลาดเคลื่อนอาจเนื่องมาจากการที่นักเรียนมีประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่ไม่เพียงพอหรือไม่ถูกต้อง และการจัดการเรียนรู้ไม่สามารถแก้ไขความรู้จากประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมที่เป็นความเข้าใจ ที่คลาดเคลื่อนได้ทั้งหมด หรืออาจเกิดจากการที่นักเรียนได้รับความรู้ใหม่จากการจัดการเรียนรู้ แต่นักเรียนตีความความรู้ที่ได้รับไม่ถูกต้อง รวมทั้งนักเรียนที่ขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎ การเคลื่อนที่ คือ มีความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่เพียงพอที่จะนำความรู้ที่มีมาตอบคำถามได้ ซึ่งอาจเนื่องมาจากนักเรียนเรียนรู้แบบท่องจำ ดังนั้นเมื่อต้องตอบข้อคำถามที่มีลักษณะเป็นการถาม ความเข้าใจ การนำไปใช้ หรือการวิเคราะห์ นักเรียนจึงไม่สามารถนำความรู้ที่ตนเองมีมาตอบคำถามได้

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายๆ งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่ทำการศึกษานแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่เช่นเดียวกัน อาทิ งานวิจัยของนิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548) ที่ได้ทำการศึกษาความเข้าใจในมโนคติ การปรับเปลี่ยนมโนคติ และความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ แบบสัมภาษณ์ และแบบสำรวจความคิดเห็น พบว่า ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติที่ถูกต้องเฉลี่ย 13.16 และมีความเข้าใจมโนคติที่คลาดเคลื่อนจำนวนมาก นอกจากนื่องานวิจัยของแฮนเซอร์และเดอร์แกน (Hancer; & Durkan. 2008) ก็ได้ทำการตรวจสอบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนประถมศึกษาเกรด 7 และ 8 โดยใช้แบบทดสอบแนวคิดเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (Force and moment concept test) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งทั้งนี้แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนอาจเกิดมาจากการได้รับประสบการณ์หรือการได้รับความรู้ที่ไม่ถูกต้องและคลาดเคลื่อนทำให้เกิดการจำและเรียนรู้แบบผิดๆ นอกจากนี้แล้วนักเรียนอาจเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมคือเรียนแบบท่องจำแต่ไม่เข้าใจในแนวคิด รวมทั้งในการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนอาจจะไม่ได้สำรวจแนวคิดเดิม (Preconception) ของนักเรียนและไม่ได้จำแนกนักเรียนตามกลุ่มแนวคิดก่อนทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับปัญหาและความต้องการของนักเรียน ดังนั้นเพื่อให้การวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนมีประสิทธิภาพ แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการใช้แบบทดสอบเพื่อวินิจฉัยที่จะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถจัดกลุ่มนักเรียนตามแนวคิดได้อย่างละเอียดและชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อที่ครูผู้สอนจะได้วินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ตรงตามลักษณะและความต้องการของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ในการนำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ไปใช้ ครูควรศึกษาคู่มือการใช้อย่างละเอียดโดยคำนึงถึงเกณฑ์การกำหนดรหัสเพื่อจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียน รวมทั้งระยะเวลาที่ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นนั้นไม่จำกัดเวลาขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละบริบท
2. ในการนำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ไปใช้ สามารถศึกษาแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนได้ทั้งแนวคิดถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้ แนวคิดคลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ของนักเรียน
3. ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็ข้อมูลที่จะช่วยให้ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ทราบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่อย่างไรบ้าง เพื่อใช้ในการเลือกวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหาคแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ดังกล่าว

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเป็นแบบทดสอบที่สามารถวินิจฉัยแนวคิดของนักเรียนได้อย่างละเอียดและชัดเจนทั้ง 4 ลักษณะแนวคิด ได้แก่ แนวคิดถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้ แนวคิดคลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ของนักเรียน ดังนั้นจึงสามารถนำรูปแบบของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นและกระบวนการพัฒนาแบบทดสอบไปใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเพื่อศึกษาแนวคิดของนักเรียนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาอื่นๆ ได้

2. แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เป็นแบบทดสอบที่มีการพัฒนาจนมีประสิทธิภาพแล้ว ดังนั้นจึงสามารถนำแบบทดสอบฉบับนี้ไปวินิจฉัยแนวคิดของนักเรียนกลุ่มอื่นๆ ที่มีบริบทหรือลักษณะแตกต่างกันในเรื่องดังกล่าวได้

3. เพื่อให้การศึกษาแนวคิดของนักเรียนทั้งแนวคิดที่ถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้ แนวคิดคลาดเคลื่อน และการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนเป็นไปได้ง่าย สะดวก รวดเร็วในการวิเคราะห์ผลยิ่งขึ้นจึงควรมีการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นฉบับนี้ให้สามารถวัดและประเมินผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์





บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2539). *แนวทางการสร้างแบบสอบวินิจฉัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมฯ.
- เกียรติมณี บำรุงไธ. (2553). *การพัฒนาโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE)*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2556, จาก http://202.28.199.18/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=181045&query=เกียรติมณี&s_mode=any&d_field=&d_start=0000-00-00&d_end=2556-09-19&limit_lang=&limited_lang_code=&order=&order_by=&order_type=&result_id=50&maxid=58
- ขจรศักดิ์ บั้วระพันธ์; และ เพ็ญจันทร์ ชิงห์. (2550, กันยายน-ธันวาคม). แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*. 22(3): 49-63.
- จิรวรรณ จวนทองรักษ์. (2546). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาฟิสิกส์เพื่อแก้ไขโมเดลที่คลาดเคลื่อนเรื่อง การเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนตะพานหิน จังหวัดพิจิตร*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ถ่ายเอกสาร.
- ชวลิต ชูกำแพง. (2550). *การประเมินการเรียนรู้*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- โชติ ชื่นเพชร. (2547?). *แบบทดสอบวินิจฉัย. ใน การวัดและประเมินผลการศึกษา*. บุญศรี ไพรัตน์. 50-55. กรุงเทพฯ: พิมพ์พัฒนาศึกษา.
- เตือนใจ เกตุษา. (2549). *การสร้างแบบทดสอบ 1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ทิวดี มณีโชติ. (2549). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- ทศนา แหมมณี. (2553). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิคม ทองบุญ. (2542). *โมเดลที่คลาดเคลื่อนเรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดพัทลุง*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2556, จาก <http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2010/6285>
- นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2548, กรกฎาคม-ธันวาคม). การศึกษาความเข้าใจโมเดลและการปรับเปลี่ยนโมเดลเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทางทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม. *วารสารวิจัย มข. (บศ)*. 5(2): 152-164.

นวลเสน่ห์ วงศ์เชิดธรรม. (2547, เมษายน-สิงหาคม). แบบทดสอบวินิจัยข้อบกพร่องทางการเรียน.
วารสารการประเมินผลการศึกษา. 1(2): 68-84.

บุญชม ศรีสะอาด. (2540). การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

พงศธร ทิพรักษ์. (2554). การเปลี่ยนแปลงมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2556, จาก [http://202.28.199.3/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=277477&query=พงศธรทิพรักษ์&s_mode=any&d_field=&d_start=0000-00-00&d_end=2556-09-20&limit_lang=&limited_lang_code=&order=&order_by=&order_type=&result_id=1&maxid=1](http://202.28.199.3/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=277477&query=พงศธร%20ทิพรักษ์&s_mode=any&d_field=&d_start=0000-00-00&d_end=2556-09-20&limit_lang=&limited_lang_code=&order=&order_by=&order_type=&result_id=1&maxid=1)

พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2555). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: แฮสออฟ เคอร์มิสท์.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2548). วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พิสนุ ฟองศรี. (2550). การประเมินทางการศึกษา : แนวคิดสู่การปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: พรอพเพอร์ตี้พริ้นท์.

----- (2553). วิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์

พูนสุข อุดม. (2553, มีนาคม-เมษายน). ครูผู้สอน : การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน. นิตยสาร สสวท. 38(165): 60-62.

ภัทรา นิคมานนท์. (2540). การประเมินผลการเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ทิพย์วิสุทธิ.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. (2549). การพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 7. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2552). การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราตรี นันทสุนก. (2555). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (ฉบับปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: จุฑทอง.

รุจิระ การิสุข. (2554). การพัฒนาความเข้าใจเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). อุบลราชธานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2556, จาก http://202.28.199.3/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=287581&query=รุจิระ&s_mode=any&d_Field=&d_start=0000-00-00&d_end=2556-09-20&limit_lang=&limited_lang_code=&order=&order_by=&order_type=&result_id=40&maxid=46

- เรื่องชัย; และ รำพรรณ รักศรีอักษร. (2549). *พิลึกส์ในชีวิตประจำวัน*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: รุ่งแสงการพิมพ์.
- ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วิดา ช่อหน้า. (2550, กันยายน-ธันวาคม). แบบทดสอบวินิจฉัย. *การวัดผลการศึกษา*. 28(84): 19-29.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2546). การวิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็งของผู้เรียน. ใน *การประเมินผลการเรียนรู้* แนวใหม่. สุวิมล ว่องวาณิช. 254-276. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2556). *ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET)*. สืบค้นเมื่อ 21 มิถุนายน 2556, จาก <http://www.niets.or.th>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *คุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนไทย สังกะการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ [พิชชา] PISA 2006 และ [ทิมสส] TIMSS 2007*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- (2553). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม พิลิกส์เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.
- (2554ก). *ผลการประเมิน [พิชชา] PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- (2554ข). *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม พิลิกส์เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.
- (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- สมนึก ภัททิยธนี. (2555). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กภาพสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมบูรณ์ ดันยะ. (2545). *การประเมินทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- สุภาพร อินบุญนะ (2542). *มโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดนครศรีธรรมราช*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). สงขลา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน 2556, จาก [http://202.28.199.17/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=251416&query=สุภาพร อินบุญนะ&s_mode=any&d_field=&d_start=0000-00-00&d_end=2556-09-22&limit_lang=&limited_lang_code=&order=&order_by=&order_type=&result_id=1&maxid=1](http://202.28.199.17/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=251416&query=สุภาพร%20อินบุญนะ&s_mode=any&d_field=&d_start=0000-00-00&d_end=2556-09-22&limit_lang=&limited_lang_code=&order=&order_by=&order_type=&result_id=1&maxid=1)
- สุมาลี จันทร์ชลอ. (2542?). *การวัดและประเมินผล*. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์; และ เตือนใจ เกตุษา. (2551). *การประเมินผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

- สุวิทย์ คำมูล; และ อรทัย มูลคำ. (2550). 19 วิธีการจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สุทธิดา จำรัส. (2552, สิงหาคม). การใช้แบบวัดแนวคิดวินิจัยตัวเลือกสองลำดับขั้นเพื่อศึกษาความเข้าใจเรื่องโครงสร้างอะตอมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสบการณ์การเรียนรู้ที่แตกต่างกัน. วารสารวิจัย มข. 14(8): 709-723
- สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5. (2556ก). ผลการทดสอบ O-NET ม.6 ปีการศึกษา 2555 เรียงคะแนนเฉลี่ยรวม 8 วิชา จากคะแนนสูงไปหาคะแนนต่ำ. สืบค้นเมื่อ 12 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.secondary5.obec.go.th/sec5/work_sheet/o-net_m6-55.xls.
- (2556ข). ข้อมูลนักเรียน 10 มิถุนายน 2556. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2556, จาก <http://www.secondary5.obec.go.th/sec5/>
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552ก). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- (2552ข). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). การปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานพัฒนานโยบายวิทยาศาสตร์ศึกษา สำนักงานฯ.
- (2544ก). รายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานพัฒนานโยบายวิทยาศาสตร์ศึกษา สำนักงานฯ.
- (2544ข). รายงานการเสวนาทางวิชาการ เรื่อง ยุทธศาสตร์ในการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ศึกษา : บทเรียนจากประเทศอังกฤษและญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานพัฒนานโยบายวิทยาศาสตร์ศึกษา สำนักงานฯ.
- (2545). แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2545-2559. กรุงเทพฯ: พรึกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554?). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (2555-2559). กรุงเทพฯ: สหมิตรพรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.
- สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). (2556). คะแนนผลการทดสอบ O-NET ช่วงชั้นที่ 4 (ม.6) จำนวน 8 กลุ่มสาระวิชาของสถานศึกษา ระดับชั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2555. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2556, จาก <http://www.onesqa.or.th/onesqa/th/download/?DownloadGroup=121>.

- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2547). รายงานการสังเคราะห์รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูต้นแบบ (ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542) รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้ ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนการเรียนรู้ สำนักงานฯ.
- (2549). รวมกฎหมายการศึกษา (ฉบับผู้ปฏิบัติ) เล่ม 1. กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนากฎหมายการศึกษา สำนักงานฯ.
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2555). มาตรฐานที่ควรปรับปรุงเร่งด่วนของแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ในภาพรวมของสังกัด) จากผล การทดสอบ O-NET ปีการศึกษา 2554. สืบค้นเมื่อ 3 กรกฎาคม 2556, จาก <http://bet.obec.go.th/index/bet/886>.
- เอมอร จังศิริพรกรณ์. (2546). การประเมินผลการเรียนรู้. ใน การประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่. สุวิมล ว่องวาณิช. 144-166. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Adams, Georgia Sachs.; & Torgerson, Theodore L. (1964). *Measurement and Evaluation in Education, Psychology and Guidance*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Aiken, Lewis R. (1991). *Psychological Testing and Assessment*. 7th ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Airasian, Peter W. (2000). *Assessment in the Classroom: A Concise Approach*. 2nd ed. Boston: McGraw-Hill.
- Alwan, Almahdi Ali. (2011). Misconception of Heat and Temperature Among Physics Students. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 12(2011): 600-614. Retrieved August 20, 2013, from http://ac.els-cdn.com/S1877042811001649/1-s2.0-S1877042811001649-main.pdf?_tid=93a4f892-25eb-11e3-9b96-00000aacb35f&acdnat=1380118127_76bcfaffe7364e00f6e95414bd76a70b.
- Bayrak, Beyza Karadeniz. (2013). Using Two-Tier to Identify Primary Students' Conceptual Understanding and Alternative Conceptions in Acid Base. *Mevlana International Journal of Education (MIJE)*. 3(2): 19-26. Retrieved September 27, 2013, from http://mije.mevlana.edu.tr/Archive/issue_3_2/3_mije_13_21_volume_3_issue_2_page_19_26_PDF.pdf.
- Bloom, Benjamin S. (1979). *Taxonomy of Educational Objectives the Classification of Educational Goals Handbook 1 Cognitive Domain*. New York: David Mckey.
- Bloom, Benjamin S; Hastings, J. Thomas; & Madaus, George F. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw-Hill.

- Brown, Frederick G. (1970). *Principles of Educational and Psychological Testing*. Hinsdale: Dryden Press.
- Caleon, Imelda S.; & Subramaniam R. (2009). Do Students Know What They Know and What They Don't Know? Using a Four-Tier Diagnostic Test to Assess the Nature of Students' Alternative Conceptions. *Res Sci Educ.* (40): 313–337. Retrieved May 20, 2013, from http://content.ebscohost.com/pdf23_24/pdf/2010G72/01May10/48764673.pdf?T=P&P=AN&K=4874673&S=R&D=ehh&EbscoContent=dGJyMMTo50SeqK440dVuOLCmr0ueprFSrqe4Ta%2BWxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzprkm0qLRKuePfgeyx43zx.
- Cambridge University Press. (2013). *Cambridge Dictionaries Online*. Retrieved October 8, 2013, from <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/british/evaluate?q=evaluation>.
- Cunningham, George K. (1986). *Educational and Psychological Measurement*. New York: Macmillan.
- Demirci, Neset. (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): 40-48. Retrieved September 11, 2013, from http://w3.balikesir.edu.tr/~demirci/tojet_neset.pdf.
- Dindar, Ayla Cetin; & Geban, Omer. (2011). Development of a Three-Tier Test to Assess High School Students' Understanding of Acids and Bases. *Procedia Social and Behavioral Sciences.* 15(2011): 600-604. Retrieved September 15, 2013, from http://ac.els-cdn.com/S1877042811003260/1-s2.0-S1877042811003260-main.pdf?_tid=5a863084-2740-11e3-a577-00000aabb0f6b&acdnat=1380264490_dd3e6890ed86f4f2a660c0e81ecb0616.
- Ebel, Robert L.; & Frisbie, David A. (1986). *Essentials of Educational Measurement*. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- Frust, E. (1958). *Constructing Evaluation Instruments*. New York: Longmans.
- Gay, L R. (1991). *Educational Evaluation and Measurement: Competencies For Analysis And Application*. 2nd ed. New York: Macmillan.
- Gronlund, Norman E.; & Linn, Robert L. (1990). *Measurement and Evaluation in Teaching*. 6th ed. New York: Macmillan.
- Gronlund, Norman E.; & Waugh, C. Keith. (2009). *Assessment of Student Achievement*. 9th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson.

- Hancer, Ahmet Hakan; & Durkan, Nazmi. (2008). Turkish Pupils Understanding of Physical : Force And Movement. *World Applied Sciences Journal*. 3(1): 45-50. Retrieved September 15, 2013, from [http://www.idosi.org/wasj/wasj3\(1\)/8.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj3(1)/8.pdf).
- Hopkins, Kenneth D.; Stanley, Julian C.; & Hopkins, B. R. (1990). *Educational and Psychological Measurement and Evaluation*. 7th ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Hopkins, Charles D.; & Antes, Richard L. (1990). *Classroom Measurement and Evaluation*. 3rd ed. Itasca, Ill.: F.E. Peacock.
- Karmel, Louis J.; & Karmel, Marylin O. (1978). *Measurement and Evaluation in the School*. 2nd ed. New York: Macmillan.
- Kilic, Didem; & Saglam. (2009). Development of a Two-Tier Diagnostic Test Concerning Genetics Concept: The Study Of Validity And Reliability. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 1(2009): 2685-2686. Retrieved September 20, 2013, from http://ac.els-cdn.com/S1877042809004765/1-s2.0-S1877042809004765-main.pdf?_tid=1352f46a-2743-11e3-b7c9-00000aabb0f01&acdnat=1380265659_a97dbb7c08d1b775ff0c93058dbb5572.
- Krathwohl, David R.; Bloom, Benjamin S.; & Masia, Bertram B. (1964). *Taxonomy of Educational Objectives the Classification of Educational Goals Handbook 2 Affective Domain*. New York: David Mckey.
- Kubiszyn, Tom; & Borich, Gary. (1993). *Educational Testing and Measurement : Classroom Application And Praticce*. 4th ed. New York: HarperCollins.
- Martin, Michael O.; et al. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science*. Boston: TIMSS & PIRLS International Study Center. Retrieved July 15, 2013, from http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/downloads/T11_IR_Science_FullBook.pdf.
- Mehrens, William A.; & Lehmann, Irvin J. (1984). *Measurement and Evaluation in Educational and Psychology*. 3rd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Micheels, William J.;& Kanes, M. Ray. (1950). *Measuring Educational Achievement*. New-York: McGraw-Hill.
- Musial, Diann; et al. (2009). *Foundations of Meaningful Educational Assessment*. Boston: McGraw-Hill Higher Education.
- Noll, Victor H. (1957). *Introduction to Educational Measurement*. 2nd ed. Boston: Hoghton Mifflin.
- Panprueksa, Kittima. (2012). Thai Students' Conceptual Understanding on Force and Motion. *2012 International Conference on Education and Management Innovation*. 30: 275-279. Retrieved July 29, 2013, from <http://www.ipedr.com/vol30/54ICEMI%202012-M10050.pdf>.

- Pesman, Haki; & Eryilmaz, Ali. (2010). Development of a Three-Tier Test to Assess Misconceptions about Simple Electric Circuits. *The Journal of Educational Research*. 103: 208-222 Retrieved September 20, 2013, from http://content.ebscohost.com/pdf23_24/pdf/2010/ERE/01Feb10/48194132.pdf?T=P&P=AN&K=48194132&S=R&D=ehh&EbscoContent=dGJyMMTo50SeqK440dвуOLCmr0uepBSs6y4Ta6WxWXS&ContentCustomer=dGJyMOzprkm0qLRKuePfgeyx43zx
- Reynolds, Cecil R.; Livingston, Ronald B.; & Willson, Victor. (2010). *Measurement and Assessment in Education*. 2nd ed. New Jersey: Pearson Education.
- Sax, Gilbert. (1989). *Principles of Educational and Psychological Measurement and Evaluation*. 3rd ed. Belmont, Calif.: Wadsworth.
- Singha, H.S. (1974). *Modern Education Teaching*. New Delhi: Sterling.
- Stufflebeam, Daniel L.; et al. (1971). *Educational Evaluation and Decision Making*. Phi Delta Kappa: National Study Committee on Evaluation.
- Treagust, David F. (1988). Development and Use of Diagnostic Tests to Evaluate Students' Misconceptions in Science. *International Journal of Science Education*. 10(2): 159-169.
- Tsai, C C.; & Chou, C. (2002). Diagnosing Students' Alternative Conceptions in Science. *Journal of Computer Assisted Learning*. 18: 157-165.
- Turker, Fatma. (2005). *Developing a Three-Tier Test to Assess High School Students' Misconceptions Concerning Force and Motion*. M.S. (Secondary School Science and Mathematics Education). Ankara: The Graduate School of Middle East Technical University. Retrieved June 26, 2013, from <http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12606828/index.pdf>.
- Tuysuz, Cengiz. (2009). Development of Two-Tier Diagnostic Instrument and Assess Students' Understanding in Chemistry. *Scientific Research and Essay*. 4(6): 626-631. Retrieved September 20, 2013, from <http://www.academicjournals.org/sre/pdf/pdf2009/Jun/Tuysuz.pdf>.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา
ของข้อความรู้เชิงประพจน์และแผนผังความคิด ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์
เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิด ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบเพื่อสำรวจ
ความเข้าใจในแนวคิด ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจฉัยลำดับขั้นและ
ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมในการจัดกลุ่มรหัสแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จากการใช้
แบบทดสอบวินิจฉัยลำดับขั้น มีดังนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโภาค
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์บัญชา ศิลป์สกุลสุข
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. อาจารย์ ดร.วรวรงค์ รักเรืองเดช
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
5. อาจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทรขันดี
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

ลำดับร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET)
ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่าง
ของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศในแต่ละจังหวัดจากสูงไปต่ำ

การวิเคราะห์และเรียงลำดับร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์ มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศในแต่ละจังหวัด จากสูงไปต่ำ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. พิจารณาข้อมูลจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศ (ขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2555 คือ 33.04) จากจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมดของแต่ละโรงเรียนทั่วประเทศนำมาจากข้อมูลของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน)

2. หาผลรวมของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศ และผลรวมของจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมดในแต่ละจังหวัด ตัวอย่างเช่น

ตาราง 13 ข้อมูลจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศและจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมดของโรงเรียนต่างๆ ในจังหวัดสิงห์บุรี

โรงเรียน	จำนวนนักเรียน ที่ได้คะแนนมากกว่า หรือเท่ากับขีดจำกัดล่าง	จำนวนนักเรียน ผู้เข้าสอบ ทั้งหมด
ค่ายบางระจันวิทยาคม	9	52
ท่าช้างวิทยาคาร	21	53
พระปริยัติธรรมแผนกสามัญศึกษาวัดพิบูลทอง	1	9
บางระจันวิทยา	44	148
ศรีศักดิ์สุวรรณวิทยา	17	49
บ้านแปงวิทยา	1	8
พรหมบุรีรัชดาภิเษก	3	21
วิทยาลัยอาชีวศึกษาสิงห์บุรี	1	3
สิงห์บุรี	216	429
สิงห์พาสู่ประธานมิตรอุปถัมภ์	23	66
หัวไผ่วิทยาคม	2	19

ตาราง 13 (ต่อ)

โรงเรียน	จำนวนนักเรียน ที่ได้คะแนนมากกว่า หรือเท่ากับขีดจำกัดล่าง	จำนวนนักเรียน ผู้เข้าสอบ ทั้งหมด
ทองเอนวิทยา	5	18
พระปริยัติธรรมแผนกสามัญศึกษาวัดโพธิ์ศรี	0	1
พิพิธสุตคุณานุสรณ์	2	8
วัดโบสถ์อินทร์บุรี	3	9
วัดไผ่ดำ แผนกสามัญศึกษา	0	25
ศรีวินิตวิทยาคม	6	24
อินทร์บุรี	55	154
รวม	409	1,096

ที่มา : สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2556). ผลการสอบ O-NET ช่วงชั้นที่ 4 (ม.6) จำนวน 8 กลุ่มสาระวิชาของสถานศึกษาระดับชั้นพื้นฐาน ประจำปีการศึกษา 2555. (ออนไลน์)

3. หาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศในแต่ละจังหวัด ดังนี้

$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนมากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่าง}}{\text{จำนวนนักเรียนผู้เข้าสอบทั้งหมด}} \times 100$$

ดังนั้น ร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศของจังหวัดสิงห์บุรี คือ

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละ} &= \frac{409}{1,096} \times 100 \\ &= 37.32 \end{aligned}$$

4. เรียงลำดับร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศในแต่ละจังหวัดจากสูงไปต่ำ ดังนี้

ตาราง 14 ลำดับร้อยละของจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้คะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของค่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศในแต่ละจังหวัดจากสูงไปต่ำ

ลำดับที่	จังหวัด	ร้อยละ
1	นครนายก	57.11
2	กรุงเทพมหานคร	56.34
3	สมุทรสงคราม	56.23
4	ภูเก็ต	52.62
5	เชียงใหม่	52.47
6	แพร่	51.93
7	นนทบุรี	51.24
8	ระยอง	50.90
9	ชลบุรี	50.51
10	นครปฐม	49.85
11	สมุทรปราการ	48.50
12	ตรัง	48.24
13	น่าน	48.17
14	ฉะเชิงเทรา	47.99
15	ปทุมธานี	47.52
16	สงขลา	47.38
17	ลำปาง	47.35
18	นครศรีธรรมราช	47.06
19	ตราด	47.05
20	ลำพูน	46.59
21	เพชรบุรี	46.13
22	ลพบุรี	44.45
23	ราชบุรี	44.35
24	จันทบุรี	44.31

ตาราง 14 (ต่อ)

ลำดับที่	จังหวัด	ร้อยละ
25	พระนครศรีอยุธยา	44.27
26	พิษณุโลก	43.97
27	ขอนแก่น	43.95
28	อุดรดิตถ์	43.86
29	นครสวรรค์	43.85
30	พะเยา	43.85
31	สุพรรณบุรี	43.78
32	อุดรธานี	43.29
33	เชียงราย	43.19
34	ชุมพร	42.97
35	อ่างทอง	42.66
36	ประจวบคีรีขันธ์	42.64
37	สระบุรี	42.64
38	ปราจีนบุรี	42.57
39	ระนอง	42.15
40	นครราชสีมา	41.87
41	อุทัยธานี	41.84
42	พัทลุง	41.18
43	สกลนคร	41.12
44	อำนาจเจริญ	39.95
45	บึงกาฬ	39.95
46	สุรินทร์	39.92
47	มุกดาหาร	39.67
48	สมุทรสาคร	39.60
49	สุราษฎร์ธานี	39.47
50	ยโสธร	39.29
51	สุโขทัย	39.20
52	กาญจนบุรี	38.94
53	พิจิตร	38.92
54	กำแพงเพชร	38.61
55	บุรีรัมย์	38.54

ตาราง 14 (ต่อ)

ลำดับที่	จังหวัด	ร้อยละ
56	ร้อยเอ็ด	38.51
57	สระแก้ว	38.42
58	หนองคาย	37.64
59	ตาก	37.60
60	พังงา	37.46
61	สิงห์บุรี	37.32
62	เพชรบูรณ์	37.08
63	เลย	36.98
64	แม่ฮ่องสอน	36.74
65	อุบลราชธานี	36.72
66	กาฬสินธุ์	36.56
67	ศรีสะเกษ	36.31
68	ชัยภูมิ	36.20
69	สตูล	36.20
70	หนองบัวลำภู	36.06
71	มหาสารคาม	35.12
72	นครพนม	35.01
73	กระบี่	34.34
74	ชัยนาท	33.62
75	ยะลา	23.81
76	นราธิวาส	22.00
77	ปัตตานี	20.84



ภาคผนวก ค
ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์
เพื่อศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่
โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 15 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์เพื่อศึกษาความเข้าใจ
ในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อคำถาม สัมภาษณ์	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
ข้อที่ 1	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 2	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 3	0	1	1	1	1	0.80
ข้อที่ 4	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 5	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 6	-1	1	1	1	1	0.60
ข้อที่ 7	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 8	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 9	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 10	1	1	1	1	0	0.80
ข้อที่ 11	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 12	1	1	1	0	1	0.80
ข้อที่ 13	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 14	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 15	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 16	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 17	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 18	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 19	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 20	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 21	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 22	0	1	1	1	1	0.80
ข้อที่ 23	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 24	0	1	0	-1	0	0.00
ข้อที่ 25	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 26	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 27	1	1	0	0	1	0.60
ข้อที่ 28	1	1	1	-1	1	0.60

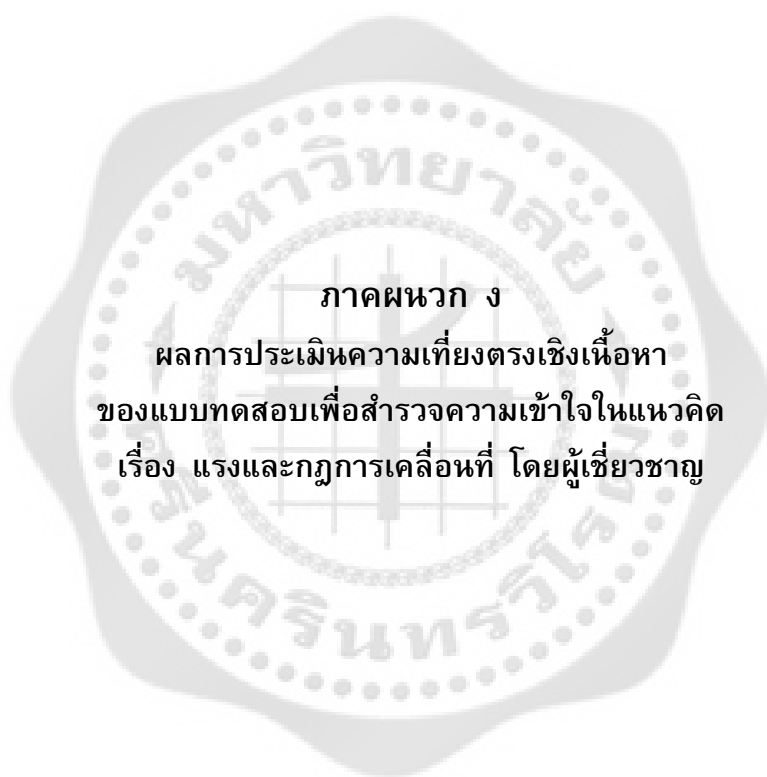
ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อคำถาม สัมภาษณ์	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	
	1	2	3	4	5	
ข้อที่ 29	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 30	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 31	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 32	1	1	0	1	1	0.80
ข้อที่ 33	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 34	1	1	0	1	1	0.80
ข้อที่ 35	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 36	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 37	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 38	0	1	1	1	1	0.80
ข้อที่ 39	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 40	0	1	1	1	-1	0.40
ข้อที่ 41	1	1	1	1	0	0.80
ข้อที่ 42	0	1	1	0	1	0.60
ข้อที่ 43	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 44	1	1	1	1	0	0.80
ข้อที่ 45	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 46	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 47	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 48	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 49	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 50	1	1	1	1	1	1.00

หมายเหตุ 1 หมายถึง เห็นด้วยว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้



ภาคผนวก ง
ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
ของแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 16 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจ
ในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อคำถาม สัมภาษณ์	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	
	1	2	3	4	5	
ข้อที่ 1	1	1	1	1	0	0.80
ข้อที่ 2	1	1	0	1	1	0.80
ข้อที่ 3	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 4	1	1	0	1	1	0.80
ข้อที่ 5	-1	1	1	1	1	0.60
ข้อที่ 6	-1	1	1	1	1	0.60
ข้อที่ 7	-1	1	1	1	1	0.60
ข้อที่ 8	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 9	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 10	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 11	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 12	1	1	1	1	0	0.80
ข้อที่ 13	-1	1	1	1	1	0.60
ข้อที่ 14	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 15	1	0	1	1	1	0.80
ข้อที่ 16	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 17	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 18	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 19	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 20	1	1	1	0	1	0.80
ข้อที่ 21	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 22	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 23	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 24	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 25	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 26	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 27	1	1	1	0	0	0.60
ข้อที่ 28	1	1	1	1	1	1.00

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อคำถาม สัมภาษณ์	ผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	
	1	2	3	4	5	
ข้อที่ 29	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 30	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 31	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 32	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 33	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 34	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 35	1	0	1	1	1	0.80
ข้อที่ 36	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 37	0	0	1	1	1	0.60
ข้อที่ 38	-1	1	1	1	1	0.60
ข้อที่ 39	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 40	1	0	0	1	1	0.60
ข้อที่ 41	1	1	0	1	1	0.80
ข้อที่ 42	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 43	1	0	1	1	1	0.80
ข้อที่ 44	1	0	1	1	1	0.80
ข้อที่ 45	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 46	1	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 47	1	0	1	1	1	0.80
ข้อที่ 48	1	1	1	1	1	1.00

หมายเหตุ 1 หมายถึง เห็นด้วยว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้



ภาคผนวก จ
ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
ของแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 17 ผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อคำถาม สัมภาษณ์	ผู้เชี่ยวชาญ				IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	
ข้อที่ 1	1	0	1	1	0.75
ข้อที่ 2	1	1	0	1	0.75
ข้อที่ 3	1	0	1	1	0.75
ข้อที่ 4	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 5	-1	1	1	1	0.50
ข้อที่ 6	0	1	1	1	0.75
ข้อที่ 7	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 8	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 9	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 10	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 11	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 12	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 13	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 14	1	0	1	1	0.75
ข้อที่ 15	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 16	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 17	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 18	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 19	1	0	1	1	0.75
ข้อที่ 20	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 21	0	1	1	1	0.75
ข้อที่ 22	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 23	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 24	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 25	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 26	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 27	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 28	1	1	1	1	1.00

ตาราง 17 (ต่อ)

ข้อคำถาม สัมภาระ	ผู้เชี่ยวชาญ				IOC
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	
	1	2	3	4	
ข้อที่ 29	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 30	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 31	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 32	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 33	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 34	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 35	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 36	0	1	1	0	0.50
ข้อที่ 37	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 38	-1	1	1	1	0.50
ข้อที่ 39	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 40	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 41	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 42	-1	1	1	1	0.50
ข้อที่ 43	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 44	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 45	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 46	1	0	1	1	0.75
ข้อที่ 47	1	0	1	1	0.75
ข้อที่ 48	1	0	1	1	0.75
ข้อที่ 49	1	1	1	1	1.00
ข้อที่ 50	1	1	1	1	1.00

หมายเหตุ 1 หมายถึง เห็นด้วยว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
 -1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้



ภาคผนวก จ
ผลการประเมินความถูกต้องเหมาะสมในการจัดกลุ่มรหัสแนวคิด
โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 18 ผลการประเมินความถูกต้องเหมาะสมในการจัดกลุ่มรหัสแนวคิด โดยผู้เชี่ยวชาญ

ลักษณะ ที่	รหัส (Code)	กลุ่มแนวคิด	ผู้เชี่ยวชาญ				ค่า เฉลี่ย
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	
1	1111	แนวคิดที่ถูกต้อง	1	1	1	1	1.00
2	1110	ขาดความมั่นใจ	1	1	1	1	1.00
3	1101	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	1	1	1	1	1.00
4	1100	ขาดความรู้	1	1	1	1	1.00
5	1011	ขาดความมั่นใจ	1	1	1	1	1.00
6	1010	ขาดความมั่นใจ	1	1	1	1	1.00
7	1001	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	1	1	1	1	1.00
8	1000	ขาดความรู้	1	1	1	1	1.00
9	0111	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	1	1	1	1	1.00
10	0110	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	1	1	1	1	1.00
11	0101	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	1	1	-1	1	0.50
12	0100	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	1	1	-1	1	0.50
13	0011	ขาดความรู้	1	1	1	1	1.00
14	0010	ขาดความรู้	1	1	1	1	1.00
15	0001	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	1	1	-1	1	0.50
16	0000	ขาดความรู้	1	1	1	1	1.00

หมายเหตุ 1 หมายถึง เห็นด้วยว่าการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดมีความถูกต้องเหมาะสม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดมีความถูกต้องเหมาะสม

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดมีความถูกต้องเหมาะสม



ภาคผนวก ช

วิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ได้จากการสัมภาษณ์

จากการศึกษาความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วโดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จากข้อมูลการสัมภาษณ์ ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

แนวคิดคลาดเคลื่อนใหม่โนมิติที่ 1 แรง

- 1.1 แรงไม่สามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนรูปร่างได้
- 1.2 แรงเป็นปริมาณสเกลาร์ เพราะมีทั้งขนาดและทิศทาง
- 1.3 หน่วยของแรงในระบบ SI คือ เมตร/วินาที
- 1.4 สิ่งไม่มีชีวิตไม่สามารถออกแรงกระทำกับวัตถุได้
- 1.5 แรงลัพธ์ คือ แรงที่กระทำต่อกันแล้วมีค่าเท่ากับศูนย์
- 1.6 แรงลัพธ์ คือ แรงสองแรงหรือมากกว่าที่มากระทำกับวัตถุ
- 1.7 แรงลัพธ์ คือ ค่าเฉลี่ยของแรงสองแรงหรือมากกว่าที่มากระทำกับวัตถุ
- 1.8 แรงลัพธ์ คือ แรงที่ถูกกระทำ
- 1.9 เมื่อแรงต่างๆ กระทำกับวัตถุในแนวเส้นตรง ทิศทางของแรงลัพธ์มีทิศตรงข้ามกับด้านที่ผลรวมของแรงมีค่ามากกว่า
- 1.10 เมื่อแรงต่างๆ กระทำกับวัตถุในแนวเส้นตรง ขนาดของแรงลัพธ์คือผลรวมของแรงเฉพาะด้านที่มีจำนวนแรงมากกว่า
- 1.11 ถ้ามีแรง 2 แรงมากระทำกับวัตถุในแนวเส้นตรง โดยแรงหนึ่งมีขนาด 5 นิวตัน มีทิศไปทางซ้าย ถ้าต้องการให้แรงลัพธ์มีค่ามากกว่าศูนย์ อีกแรงหนึ่งต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 5 นิวตัน เท่านั้น
- 1.12 ถ้ามีแรง 2 แรงมากระทำกับวัตถุในแนวเส้นตรง โดยแรงหนึ่งมีขนาด 5 นิวตัน มีทิศไปทางซ้าย ถ้าต้องการให้แรงลัพธ์มีค่ามากกว่าศูนย์ อีกแรงหนึ่งมีขนาดน้อยกว่า 5 นิวตันได้ แต่ต้องมีทิศทางไปทางขวาเท่านั้น
- 1.13 ถ้ามีแรง 2 แรงมากระทำกับวัตถุในแนวเส้นตรง โดยแรงหนึ่งมีขนาด 5 นิวตัน มีทิศไปทางซ้าย ถ้าต้องการให้แรงลัพธ์มีค่ามากกว่าศูนย์ อีกแรงหนึ่งมีขนาดมากกว่าหรือน้อยกว่า 5 นิวตันได้ แต่ต้องมีทิศทางไปทางซ้ายเท่านั้น

แนวคิดคลาดเคลื่อนใหม่โนมิติที่ 2 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน

- 2.1 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยม สามารถสร้างได้ โดยนำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง โดยไม่ต้องคำนึงถึงทิศทางของแรงทั้งสองที่มากระทำกับวัตถุ
- 2.2 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยม สามารถสร้างได้ โดยนำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง โดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดของแรงทั้งสองที่มากระทำกับวัตถุ
- 2.3 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยม สามารถสร้างได้

โดยนำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง โดยไม่ต้องคำนึงถึงมุมที่แรงทั้งสองกระทำต่อกัน

2.4 การเขียนลูกศรแทนแรงลัพธ์จากการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยมไม่ต้องคำนึงถึงทิศทางของแรงลัพธ์

2.5 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยม สามารถสร้างได้โดยการนำหางลูกศรของแรงทั้งสองมาต่อกัน และแรงลัพธ์สามารถหาได้จากการเขียนลูกศรจากหัวลูกศรของแรงหนึ่งไปยังหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง

2.6 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยม สามารถสร้างได้โดยการนำหางลูกศรของแรงทั้งสองมาต่อกัน และแรงลัพธ์สามารถหาได้จากการเขียนลูกศรโดยลากลูกศรออกไปจากมุมที่หางลูกศรของแรงทั้งสองต่อกัน

2.7 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน สามารถสร้างได้โดยการนำหางลูกศรของแรงสองแรงที่ทำมุมกันมาต่อกัน แล้วสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานโดยให้ด้านที่สร้างขึ้นใหม่ขนานกับด้านเดิมทั้งสอง และแรงลัพธ์สามารถหาได้จากการเขียนลูกศรจากหัวลูกศรของแรงหนึ่งไปยังหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง

2.8 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน สามารถสร้างได้โดยการนำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง แล้วจึงสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานโดยให้ด้านที่สร้างขึ้นใหม่ขนานกับด้านเดิมทั้งสอง และแรงลัพธ์สามารถหาได้จากการเขียนลูกศรในแนวแยงมุม โดยลากหางลูกศรของแรงลัพธ์ออกจากมุมที่หางลูกศรและหัวลูกศรของแรงทั้งสองต่อกัน

2.9 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน สามารถสร้างได้โดยการนำหางลูกศรของแรงสองแรงที่ทำมุมกันมาต่อกันโดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดของแรง ทิศทางของแรง และมุมที่แรงทั้งสองกระทำต่อกัน จากนั้นจึงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแรงลัพธ์สามารถหาได้จากการเขียนลูกศรจากหัวลูกศรของแรงหนึ่งไปยังหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง

2.10 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานสามารถสร้างได้โดยการเขียนลูกศรของแรงทั้งสองให้ขนานกันโดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดของแรง ทิศทางของแรง และมุมที่แรงทั้งสองกระทำต่อกัน จากนั้นจึงสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแรงลัพธ์สามารถหาได้จากการเขียนลูกศรจากหัวลูกศรของแรงหนึ่งไปยังหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง

2.11 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการคำนวณ ต้องทำการแตกเวกเตอร์ของแรงที่กระทำมุมไม่เป็นมุมฉากให้อยู่ในแนวแกน X, Y โดยแตกเวกเตอร์ของแรงในแนวแกน X เป็น $\sin$ และในแนวแกน Y เป็น $\cos$

2.12 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการคำนวณ แรงที่อยู่ในแนวแกน X หรือแกน Y อยู่แล้วต้องทำการแตกเวกเตอร์ของแรงนั้นด้วย

2.13 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการคำนวณให้นำเฉพาะแรงทั้งหมดที่ทำการแตกเวกเตอร์ของแรงแล้วและอยู่ในแนวแกน X มาคำนวณ โดยไม่ต้องนำแรงทั้งหมด

ที่ทำการแตกเวกเตอร์ของแรงแล้วอยู่ในแนวแกน Y มาคำนวณ

2.14 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการคำนวณนั้นให้นำแรงทั้งหมดที่ทำการแตกเวกเตอร์ของแรงแล้วอยู่ในแนวแกน X มาคูณกัน

แนวคิดคลาดเคลื่อนใหม่โมเมนต์ที่ 3 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

3.1 นิยามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน คือ เมื่อมีแรงมากระทำกับวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยแรงลัพธ์ไม่เท่ากับศูนย์

3.2 เมื่อแรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว

3.3 เมื่อแรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น

3.4 แรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ จะเกิดในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งเท่านั้น

3.5 วัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ แสดงว่าไม่มีแรงมากระทำกับวัตถุนั้น

3.6 ถ้าวัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวค่าหนึ่งโดยไม่เปลี่ยนแปลงทิศทาง แรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุนั้นจะมีค่าเท่ากับความเร็วของวัตถุ เช่น วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว 5 m/s โดยไม่เปลี่ยนแปลงทิศทาง แรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุนั้นจะมีค่า 5 นิวตัน

แนวคิดคลาดเคลื่อนใหม่โมเมนต์ที่ 4 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

4.1 มวลคือน้ำหนักของวัตถุ

4.2 หน่วยของมวลในระบบ SI คือ นิวตัน

4.3 มวลของวัตถุเมื่ออยู่บนดวงจันทร์จะน้อยกว่าเมื่ออยู่บนโลก

4.4 เมื่อมวลของวัตถุมีค่าคงตัว ขนาดของความเร่งจะแปรผกผันกับขนาดของแรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุ

4.5 เมื่อแรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุมีค่าคงตัว ขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับมวลของวัตถุ

4.6 เมื่อความเร่งของวัตถุมีค่าคงตัว แรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุจะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ

4.7 วัตถุรูปทรงเดียวกัน 2 ชิ้นมีมวลเท่ากัน แต่ขนาดแตกต่างกัน ถ้าต้องออกแรงกระทำกับวัตถุทั้งสองให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่ากันจำเป็นต้องออกแรงกระทำกับวัตถุที่มีขนาดใหญ่มากกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็ก

4.8 ทิศทางความเร่งของวัตถุมีทิศตรงข้ามกับทิศทางของแรงลัพธ์ที่มากกระทำกับวัตถุ

4.9 ถ้าออกแรงกระทำกับวัตถุจากหยุดนิ่งให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว ไม่สามารถใช้ความรู้จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันอธิบายได้ เนื่องจากวัตถุมีความเร่งคงตัว

แนวคิดคลาดเคลื่อนใหม่โมเมนต์ที่ 5 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน

5.1 แรงกิริยา-ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเมื่อออกแรงกระทำกับวัตถุแล้ววัตถุเกิดการเคลื่อนที่

5.2 แรงกิริยา-ปฏิกิริยามีขนาดไม่เท่ากัน

5.3 แรงกิริยา-ปฏิกิริยามีทิศทางเดียวกัน

5.4 แรงกิริยา-ปฏิกิริยาเป็นแรงที่กระทำกับวัตถุก่อนเดียวกัน

5.5 แรงกิริยา-ปฏิกิริยาเกิดจากการกระทำของสิ่งมีชีวิตเท่านั้น เพราะสิ่งไม่มีชีวิต

ไม่สามารถออกแรงกระทำต่อกันได้จึงไม่เกิดแรงกิริยา-ปฏิกิริยา

5.6 ค่าของแรงกิริยาและค่าของแรงปฏิกิริยาสามารถนำมาคำนวณหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุได้ โดยแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์

5.7 ค่าของแรงกิริยาและค่าของแรงปฏิกิริยาไม่สามารถนำมาคำนวณหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุได้เพราะวัตถุไม่มีชีวิต

5.8 วัตถุที่ไม่ได้สัมผัสหรือชนกันจะไม่เกิดแรงกิริยา-ปฏิกิริยากระทำต่อกัน

5.9 ถ้าการออกแรงผลักวัตถุเป็นแรงกิริยา ดังนั้นแรงปฏิกิริยาจึงเป็นแรงที่ผลักวัตถุเช่นกัน

5.10 ถ้าการออกแรงผลักวัตถุเป็นแรงกิริยา จะไม่เกิดแรงปฏิกิริยาจากวัตถุกระทำกลับมาเพราะวัตถุไม่มีชีวิต

5.11 เมื่อเรากออกแรงต่อยกกำแพงจะรู้สึกเจ็บมือ เพราะเราเป็นสิ่งมีชีวิตสามารถเคลื่อนไหวมือได้ แต่กำแพงไม่มีชีวิตจึงไม่มีการเคลื่อนที่

5.12 เมื่อเรากออกแรงต่อยกกำแพงจะรู้สึกเจ็บมือ เพราะมีแรงปฏิกิริยาจากมือไปสัมผัสกับกำแพง

แนวคิดเคลื่อนใหม่โมเมนต์ที่ 6 น้ำหนัก

6.1 น้ำหนักคือความหนาแน่นของวัตถุ

6.2 น้ำหนักคือมวลของวัตถุ

6.3 น้ำหนักเป็นปริมาณสเกลาร์ เพราะมีแต่ขนาด

6.4 น้ำหนักเป็นปริมาณสเกลาร์ เพราะมีทั้งขนาดและทิศทาง

6.5 หน่วยของน้ำหนักในระบบ SI คือ กิโลกรัม

6.6 ถ้าชั่งน้ำหนักของวัตถุชิ้นหนึ่งบนพื้นโลกกับบนดวงจันทร์ น้ำหนักของวัตถุที่ชั่งทั้งสองที่จะเท่ากัน

6.7 น้ำหนักของวัตถุชิ้นหนึ่งที่ชั่งบนโลกจะมากกว่าน้ำหนักที่ชั่งบนดวงจันทร์ เนื่องจากบรรยากาศบนพื้นโลกกับบนดวงจันทร์แตกต่างกัน

6.8 น้ำหนักของวัตถุชิ้นหนึ่งที่ชั่งบนโลกจะมากกว่าน้ำหนักที่ชั่งบนดวงจันทร์ เนื่องจากบนดวงจันทร์ไม่มีแรงเสียดทาน

แนวคิดเคลื่อนใหม่โมเมนต์ที่ 7 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

7.1 แรงดึงดูดระหว่างมวลมีความสัมพันธ์กับรัศมีของวัตถุ

7.2 วัตถุที่มีมวลมากจะมีแรงดึงดูดระหว่างมวลกระทำกับวัตถุที่มีมวลน้อยมากกว่า

7.3 วัตถุที่มีมวลน้อยจะมีแรงดึงดูดระหว่างมวลกระทำกับวัตถุที่มีมวลมากกว่า

7.4 ขนาดของวัตถุมีผลต่อค่าแรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุ โดยวัตถุขนาดใหญ่จะมีแรงดึงดูดระหว่างมวลมากกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็ก

7.5 ณ ตำแหน่งที่ห่างจากโลกมากขึ้น ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกจะมีค่าเพิ่มขึ้น

7.6 ณ ตำแหน่งที่ห่างจากโลกมากขึ้น ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกจะมีค่าเท่าเดิม คือ เท่ากับความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งบนพื้นโลก ($9.8 \text{ เมตร/วินาที}^2$)

7.7 จากสมการ $F = (Gm_1m_2)/R^2$ ค่า G คือ ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก แทนด้วย

9.8 เมตร/วินาที²

7.8 จากสมการ $F = (Gm_1m_2)/R^2$ ค่า F คือค่าคงตัวโน้มถ่วงสากล มีค่า $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$ และค่า G คือค่าความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่วัตถุอยู่

7.9 จากสมการ $F = (Gm_1m_2)/R^2$ ค่า F คือมวลของวัตถุ และค่า G คือค่าความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่วัตถุอยู่

7.10 วัตถุที่อยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก คือวัตถุที่ไม่สามารถชั่งได้ เช่น น้ำ อากาศ

7.11 วัตถุที่อยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก คือวัตถุที่ลอยอยู่ในอากาศ

7.12 วัตถุที่อยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก คือวัตถุที่มีน้ำหนักเบาจนไม่สามารถออกแรงกระทำกับวัตถุอื่นได้ เช่น เม็ดโฟม

แนวคิดคลาดเคลื่อนในนิยามที่ 8 แรงเสียดทาน

8.1 แรงเสียดทาน คือแรงจากพื้นที่กระทำกับวัตถุ

8.2 แรงเสียดทาน คือแรงที่วัตถุหนึ่งไปกระทำกับอีกวัตถุหนึ่ง แล้วทำให้วัตถุนั้นมีแรงปฏิกิริยา

8.3 แรงเสียดทานสถิตเป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะวัตถุกำลังเคลื่อนที่

8.4 แรงเสียดทานจลน์เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะที่มีแรงมากกระทำกับวัตถุแต่วัตถุยังคงหยุดนิ่ง

8.5 แรงกตรหว่างผิวสัมผัสของวัตถุในแนวตั้งฉากไม่มีผลต่อค่าแรงเสียดทาน เพราะวัตถุไม่ได้เคลื่อนที่

8.6 ค่าแรงเสียดทานมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับแรงกตรหว่างผิวสัมผัสของวัตถุในแนวตั้งฉาก

8.7 พื้นที่ผิวสัมผัสของวัตถุมีผลต่อค่าแรงเสียดทาน โดยวัตถุที่มีขนาดใหญ่ มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากจะมีแรงเสียดทานมาก

8.8 ถ้าไม่มีแรงเสียดทานวัตถุจะไม่เคลื่อนที่

8.9 ค่าแรงเสียดทานสามารถทำให้เราทราบว่าเราออกแรงกระทำกับวัตถุด้วยแรงเท่าไร เช่น ถ้าแรงเสียดทานมีค่า 5 นิวตัน แสดงว่าแรงที่เรากระทำกับวัตถุก็ต้องเท่ากับ 5 นิวตัน

8.10 การเพิ่มหรือลดขนาดของแรงเสียดทานทำได้โดยการเปลี่ยนขนาดของวัตถุ



ภาคผนวก ช

วิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ได้จากการทดสอบ
ด้วยแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จำนวน 50 ข้อไปทดสอบกับนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้นี้อาเรื่องนี้มาแล้ว จำนวน 45 คน โดยแบ่งเป็น โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 15 คน (ลำดับที่ 1-15) โรงเรียนขนาดกลาง 15 คน (ลำดับที่ 16-30) และโรงเรียนขนาดเล็ก 15 คน (ลำดับที่ 31-45) ซึ่งเมื่อได้ข้อมูลคำตอบของนักเรียนทั้งในส่วน คำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) มาแล้วผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่ม ลักษณะของแนวคิดออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มแนวคิดถูกต้องและกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน โดยมี เกณฑ์การแบ่งดังตาราง 19

ตาราง 19 เกณฑ์การจัดกลุ่มลักษณะของแนวคิดของนักเรียนจากผลการทดสอบด้วยแบบทดสอบ เพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

คำตอบของคำถาม (A-tier)	เหตุผลของคำตอบ (R-tier)	ลักษณะแนวคิด
ถูก	ถูกต้องสมบูรณ์	แนวคิดถูกต้อง
ถูก	ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	แนวคิดถูกต้อง
ถูก	ผิดทั้งหมด	แนวคิดคลาดเคลื่อน
ถูก	ผิดบางส่วน	แนวคิดคลาดเคลื่อน
ถูก	ไม่แสดงเหตุผล	แนวคิดคลาดเคลื่อน
ถูก	ให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับเนื้อหา	แนวคิดคลาดเคลื่อน
ผิด	ถูกต้องสมบูรณ์	แนวคิดคลาดเคลื่อน
ผิด	ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	แนวคิดคลาดเคลื่อน
ผิด	ผิดทั้งหมด	แนวคิดคลาดเคลื่อน
ผิด	ผิดบางส่วน	แนวคิดคลาดเคลื่อน
ผิด	ไม่แสดงเหตุผล	แนวคิดคลาดเคลื่อน
ผิด	ให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับเนื้อหา	แนวคิดคลาดเคลื่อน

จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มทั้งกลุ่มแนวคิด ถูกต้องและแนวคิดคลาดเคลื่อนแล้วทำการวิเคราะห์ในกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนว่านักเรียนให้เหตุผล ของคำตอบอย่างไรบ้างแล้วทำการหาค่าความถี่และร้อยละของเหตุผลของคำตอบในแต่ละเหตุผล เพื่อที่จะนำเหตุผลของนักเรียนซึ่งแสดงถึงแนวคิดคลาดเคลื่อนที่มีค่าร้อยละมากที่สุดสองอันดับแรก ไปสร้างตัวลงในส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ของแบบทดสอบวินิจฉัยขั้นต้น เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่ต่อไป ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างการหาค่าความถี่และร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดถูกต้องและกลุ่มที่มีแนวคิด คลาดเคลื่อนซึ่งจำแนกตามเหตุผลต่างๆ ที่แสดงถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียน

ข้อ 1 ข้อใดเป็นผลของแรงที่ถูกต้องที่สุด

- ก. เตะออกแรงผลักกล่อง กล่องจะเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนขนาดของความเร็วเท่านั้น
 ข. ต้มออกแรงผลักกล่อง กล่องจะเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนทิศทางของความเร็วเท่านั้น
 ค. ดึงออกแรงผลักกล่อง กล่องจะเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนขนาดและ/หรือทิศทางของความเร็วและ/หรือเปลี่ยนรูปร่าง
 เหตุผลเพราะ.....

ตาราง 20 ตัวอย่างการหาค่าความถี่และร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดถูกต้องและกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนซึ่งจำแนกตามเหตุผลต่างๆ ที่แสดงถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

ลักษณะแนวคิด	เหตุผลของคำตอบ	ลำดับที่ของนักเรียน	รวม	ร้อยละ
แนวคิดถูกต้อง	ผลของแรงที่ผลักทำให้กล่องเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่โดยอาจเปลี่ยนขนาดของความเร็วเปลี่ยนทิศทางของความเร็วและ/หรือเปลี่ยนรูปร่างก็ได้	2,3,4,5,7,10,12 13,14,15,20,24 25,30,31,35,36 37,38,40,41,42 43	23	51.11
แนวคิดคลาดเคลื่อน	- เมื่อออกแรงผลักกล่องจะทำให้กล่องมีขนาดของความเร็วเปลี่ยนไปเท่านั้น แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางของความเร็วและรูปร่างของกล่อง - แรงไม่สามารถทำให้ขนาดของความเร็วเปลี่ยนได้ - เมื่อออกแรงผลักกล่องแล้วอาจทำให้กล่องมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและทิศทางของความเร็วหรืออาจจะเปลี่ยนรูปร่างก็ได้ถ้าวัตถุที่ผลักไม่ใช่ของแข็ง - แรงที่กระทำกับกล่องจะมีขนาดเปลี่ยนไป	1,8,16,17,21, 22,23,27,28,29 32,39,45 6 9 11	13 1 1 1	28.89 2.22 2.22 2.22

ตาราง 20 (ต่อ)

ลักษณะแนวคิด	เหตุผลของคำตอบ	ลำดับที่ของ นักเรียน	รวม	ร้อยละ
	- เมื่อออกแรงผลักกล่องแรงจะทำให้วัตถุแค่เปลี่ยนทิศทางความเร็ว - ให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับเนื้อหา - ไม่แสดงเหตุผล	18,19,34,44 26 33	4 1 1	8.89 2.22 2.22
รวม			45	100

จากตาราง 20 พบว่า เหตุผลของคำตอบที่แสดงแนวคิดคลาดเคลื่อนที่มีค่าความถี่และร้อยละมากที่สุด 2 อันดับ คือ อันดับที่ 1 “เมื่อออกแรงผลักกล่องจะทำให้กล่องมีขนาดของความเร็วเปลี่ยนไปเท่านั้น แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางของความเร็ว” มีค่าร้อยละ 28.89 และอันดับที่ 2 คือ “เมื่อออกแรงผลักกล่องแรงจะทำให้วัตถุแค่เปลี่ยนทิศทางความเร็ว” มีค่าร้อยละ 8.89 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำเหตุผลของคำตอบที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนี้ไปสร้างตัวลงในส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ของแบบทดสอบวินิจฉัยลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ซึ่งจากขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าความถี่และร้อยละของเหตุผลที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสรุปเหตุผลที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่เป็นรายชื่อโดยเรียงเหตุผลที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่มีค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ให้เหตุผลดังกล่าวจากสูงไปต่ำ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

- เมื่อออกแรงผลักกล่องจะทำให้กล่องมีขนาดของความเร็วเปลี่ยนไปเท่านั้น แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางของความเร็วและรูปร่างของกล่อง
- เมื่อออกแรงผลักกล่องแรงจะทำให้วัตถุแค่เปลี่ยนทิศทางความเร็ว
- แรงไม่สามารถทำให้ขนาดของความเร็วเปลี่ยนได้
- เมื่อออกแรงผลักกล่องแล้วอาจทำให้กล่องมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและทิศทางของความเร็วหรืออาจจะเปลี่ยนรูปร่างก็ได้ถ้าวัตถุที่ผลักไม่ใช่ของแข็ง
- แรงที่กระทำกับกล่องจะมีขนาดเปลี่ยนไป

ข้อ 2 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

- แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทั้งขนาดและทิศทางมีหน่วยคือเมตร ต่อวินาที เพราะแรงที่กระทำกับวัตถุทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว โดยทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นระยะทางหน่วยเมตรในเวลาหน่วยวินาที
- แรงเป็นปริมาณสเกลาร์เพราะมีแต่ขนาด ไม่มีทิศทาง มีหน่วยเป็นนิวตัน

3. แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์เพราะมีแต่ทิศทางเท่านั้น มีหน่วยเป็นนิวตัน
4. แรงเป็นปริมาณสเกลาร์ เพราะมีทั้งขนาดและทิศทาง มีหน่วยเป็นนิวตัน

ข้อ 3 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงเป็นปริมาณสเกลาร์สามารถระบุได้เฉพาะขนาดจึงไม่มีหัวลูกศรแสดงทิศทางของแรง
2. แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์สามารถระบุได้ทั้งขนาดและทิศทาง โดยทิศทางของแรงไปทางทิศใดก็ได้ทั้งซ้ายและขวาเหมือนแรงกิริยา-ปฏิกิริยา
3. ข้อ ข. เป็นการแสดงการเคลื่อนที่ไปทางแนวแรง
4. A เป็นจุดเริ่มต้น โดยแรงไปทางขวา B คือจุดถัดไป
5. A ได้ออกแรงกระทำ B จน B เคลื่อนที่ไปทางขวา
6. แรงมีทิศทางแต่ไม่มีขนาด

ข้อ 4 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงลัพธ์คือผลรวมของแรงเฉพาะด้านที่มีจำนวนแรงมากกว่า
2. แรงลัพธ์ คือค่าเฉลี่ยของแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุ

ข้อ 5 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงลัพธ์ คือผลรวมของแรงที่กระทำกับวัตถุสองแรงหรือมากกว่าโดยทำการรวมแบบสเกลาร์ เพราะแรงมีแต่ขนาด
2. แรงลัพธ์ คือผลรวมของแรงที่กระทำกับวัตถุเพียงสองแรงโดยทำการรวมแบบเวกเตอร์ เพราะแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์
3. แรงลัพธ์ คือผลรวมของแรงสองแรงหรือมากกว่าที่กระทำกับวัตถุแบบสเกลาร์ เพราะแรงมีแต่ขนาดไม่มีทิศทาง
4. แรงลัพธ์ คือผลรวมของแรงที่กระทำกับวัตถุสองแรงหรือมากกว่าโดยทำการรวมแบบเวกเตอร์เพราะแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์เนื่องจากมีทิศทางอย่างเดียว
5. แรงลัพธ์จะมีค่ามากกว่าผลรวมของแรงเสมอยกเว้นแรงเป็นเส้นตรง
6. แรงลัพธ์เกิดจากการรวมของแรงที่กระทำกับวัตถุเพียงสองแรงคือแรงทางซ้ายและแรงทางขวาโดยทำการรวมแบบเวกเตอร์

ข้อ 6 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. เพราะแรงลัพธ์ คือผลรวมของแรงเฉพาะด้านที่มีจำนวนแรงมากกว่าและมีทิศทางไปตามแรงของด้านนั้นเพราะแรงด้านนั้นจะมีทิศทางเป็นบวก
2. แรงด้านขวามีขนาดมากกว่าแรงด้านซ้าย 2 นิวตัน แรงลัพธ์จึงมีทิศไปทางด้านที่มีผลรวมของแรงมากกว่า(ด้านขวา) 2 นิวตัน
3. แรงลัพธ์ คือผลรวมของแรงสองแรงเท่านั้นที่มากกระทำกับวัตถุ จากภาพมีแรง 3 แรงมากกระทำกับวัตถุดังนั้นให้พิจารณาเฉพาะแรง 2 แรงที่อยู่ด้านเดียวกัน คือ 3 กับ 3 = 6 นิวตัน

ข้อ 7 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ถ้าต้องการให้แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีค่าเป็น 0 ดังนั้นแรง B ก็ต้องมีขนาด 0 นิวตัน

2. แรง A มีทิศเป็นลบ ดังนั้นแรง B จะต้องมีขนาด 5 นิวตัน และทิศเดียวกับแรง A เมื่อนำแรงมาบวกกัน $A = -5$ นิวตัน $B = 5$ นิวตัน ก็จะได้แรงลัพธ์เท่ากับ 0 นิวตัน

3. แรงมีแต่ขนาดไม่มีทิศทางดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องพิจารณาทิศทางของแรง

ข้อ 8 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรง B จะมีขนาดมากกว่าหรือน้อยกว่า 5 นิวตัน ก็ได้แต่ต้องมีทิศเดียวกับแรง A เท่านั้นเพราะทิศเดียวกันจะช่วยกันออกแรงแรงลัพธ์จะไม่เท่ากับ 0 นิวตัน แต่ถ้าทิศตรงข้ามกันแรงจะหักล้างกันและแรงลัพธ์จะเป็น 0 นิวตัน

2. แรงไม่มีทิศทาง ดังนั้นแรง B จะมีทิศตรงข้ามหรือทิศเดียวกับแรง A ก็ได้แต่ให้พิจารณาที่ขนาดของแรง B ซึ่งจะต้องมีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 5 นิวตัน เท่านั้นจึงจะทำให้แรงลัพธ์ไม่เท่ากับ 0 นิวตัน

3. ถ้าแรง B มีทิศเดียวกับแรง A จะต้องมีขนาดน้อยกว่า 5 นิวตันเท่านั้น ถ้าแรง B มีทิศตรงกันข้ามกับแรง A จะต้องมีขนาดมากกว่า 5 นิวตัน เท่านั้นจึงจะทำให้แรงลัพธ์ไม่เท่ากับ 0 นิวตัน

4. ถ้าแรง B มีค่าน้อยกว่าแรง A และมีทิศตรงกันข้ามเมื่อลบกันแรงลัพธ์จะมีค่าติดลบซึ่งไม่ถูกต้องเพราะแรงมีค่าติดลบไม่ได้

5. การจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ก็ต่อเมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุไปในทางเดียวกันเท่านั้นจะมีทั้งแรงและขนาดเท่าไรก็ได้

6. แรง B มีขนาดเท่าไรก็ได้ มีทิศอย่างไรก็ได้ เพราะไม่ต้องคำนึงถึงทิศทาง

ข้อ 9 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยมจะต้องนำหางของแรงมาต่อกันโดยจะต้องคำนึงถึงทิศทางของแรงด้วยโดยแรงลัพธ์จะลากจากหัวลูกศรของแรงหนึ่งไปยังหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง

2. การหาแรงลัพธ์โดยสร้างรูปสามเหลี่ยมใช้วิธีหางต่อหัว หัวต่อหางโดยทิศทางของแรงสามารถสลับทิศตรงข้ามกันได้เพราะขนาดก็ยังเท่าเดิมและมุมของแรงที่กระทำต่อกันเท่าเดิม

3. การหาแรงลัพธ์ต้องหาจากจุดเริ่มไปยังจุดสุดท้าย

4. การหาแรงลัพธ์โดยสร้างรูปสามเหลี่ยมให้ลากจากแรงหนึ่งไปอีกแรงหนึ่ง

5. รูป ข เกิดจากการที่แรง 2 แรงมากระทำกันทำให้เกิดมุมขึ้นมา

6. แรงต้องมีทิศทางออกจากวัตถุ

7. เวกเตอร์จะเป็นตัวกำหนดทิศทางของแรงที่เคลื่อนที่ไป

8. แรงลัพธ์ที่หาจากมุมนั้นจะหาจากปลายด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งเท่านั้น

9. การเขียนแรงแบบหางต่อหัวจะได้แตกแรงได้

ข้อ 10 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุมกันโดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานจะต้องนำแรงทั้งสองมาต่อกันแบบหางต่อหัวหรือหัวต่อหาง

2. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุมกันโดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานจะต้องนำแรงทั้งสองมาต่อกันแบบหางต่อหางโดยทิศทางและขนาดถูกต้องแล้วจึงลากเส้นแรงลัพธ์จากหัวลูกศรของแรงหนึ่งไปยังหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง

3. มีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายสามารถหาแรงลัพธ์ได้
4. การต่อเวกเตอร์ของแรงสองแรงที่กระทำมุมกันแบบหางต่อหางสามารถแตกแรงหาแรงลัพธ์ได้
5. แรงลัพธ์ที่หาจากการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานก็ต้องหาจากแรงเฉลี่ยของทั้งสองแรง
6. ขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุเหมือนเดิมตามโจทย์แล้ววาดเส้นสมมติให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานแล้วจึงวาดเส้นแรงลัพธ์ออกจากมุมที่มืองศา
7. แรงลัพธ์ของแรง 2 แรงมากระทำมุมกันทำให้เกิดสี่เหลี่ยมด้านขนาน
8. แรงต้องเคลื่อนที่ออกจากวัตถุ
9. แรง 2 แรงที่มาต่อกันจะทำการผ่ากลางออกไปเป็นแรงลัพธ์
10. แรงลัพธ์ต้องมีทิศทางไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
11. แรงลัพธ์ต้องเป็นเส้นขนานเท่านั้น

ข้อ 11 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำมุมกันโดยการคำนวณจะต้องแตกแรงเป็นมุม $\sin$ (แกน y) และ $\cos$ (แกน x) แล้วหาแรงลัพธ์จากผลบวกของแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุเฉพาะในแนวแกน x เพราะแกน y เป็นแนวตั้งไม่ต้องนำมาคิด
2. ในการแตกแรงไปในแนวแกน x,y นั้น ถ้าในแนวแกนนั้นๆ มีแรงอยู่แล้วให้ทำการแตกแรงนั้นโดยแกน y แตกเป็น $\sin$ แกน x แตกเป็น $\cos$ แล้วนำแรงเฉพาะในแนวแกน x มาคำนวณ เพราะแรงในแนวแกน y เป็นแนวตั้งจากไม่ต้องนำมาคำนวณ
3. แรง 2 นิวตัน อยู่ใกล้แกน y ก็จะแตกแรงไปทางแกน y ส่วนแรง 3 นิวตัน อยู่ที่แกน x ก็จะแตกแรงไปทางแกน x
4. เพราะ $\cos$ ทำมุมกับ 60° จะได้ $\sum F = 3 + (3 \cos 60^\circ)$

ข้อ 12 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ถ้าขนาดแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เคลื่อนที่ แต่ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ไม่ว่าจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวแสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุไม่เป็นศูนย์
2. ถ้าขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เคลื่อนที่ (เป็นไปตามกฎ $\sum F = 0$) หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว(เป็นไปตามกฎ $\sum F = ma$) แต่ไม่มีสูตรความเร็ว
3. แรงลัพธ์ไม่เกี่ยวข้องกับความเร็ว

ข้อ 13 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. โดยปกติแล้ววัตถุต่างๆ ทุกชนิดที่อยู่บนโลกจะมีแรงโน้มถ่วงกระทำตลอดเวลา ดังนั้นแรงลัพธ์จึงไม่อาจเป็นศูนย์ได้
2. เมื่อแรงลัพธ์เท่ากับศูนย์แสดงว่าไม่มีแรงใดๆ มากระทำกับวัตถุ วัตถุจึงหยุดนิ่ง

3. หนังสือที่วางนิ่งอยู่บนโต๊ะจะมีแรงมากระทำ คือ แรงที่หนังสือกระทำกับโต๊ะและแรงที่โต๊ะกระทำกับหนังสือ แรงทั้งสองนี้เป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยากัน มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้ามแรงลัพธ์ที่กระทำกับหนังสือจึงเป็นศูนย์ หนังสือจึงหยุดนิ่ง

4. หนังสือที่วางอยู่บนโต๊ะจะมีแรงจากโต๊ะกระทำดังนั้นแรงลัพธ์จึงไม่เป็นศูนย์แม้วัตถุจะหยุดนิ่ง

ข้อ 14 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวแต่ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว

2. วัตถุที่เคลื่อนที่ไม่ว่าจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวแสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุไม่เท่ากับศูนย์

3. ถ้า $\Sigma F = 0$ วัตถุจะหยุดนิ่ง ถ้า $\Sigma F = ma$ วัตถุจะมีความเร่ง แต่ไม่มีสูตรความเร็ว

4. ความเร่งไม่มีผลกับแรง

5. ความเร็วไม่เกี่ยวข้องกับแรงลัพธ์เพราะแรงลัพธ์จะเป็นศูนย์หรือไม่ก็ตามวัตถุก็ยังเคลื่อนที่ได้

6. วัตถุที่ไม่เคลื่อนที่แสดงว่าไม่มีแรงใดๆ มากระทำกับวัตถุ แรงลัพธ์จึงเป็นศูนย์

ข้อ 15 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวจะมีแรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์ มากระทำกับวัตถุและขนาดของแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับความเร็วของวัตถุนั้น

2. มีแรงเสียดทานแต่น้อยกว่าแรงที่กระทำกับกล่อง

3. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวแสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์หากแรงลัพธ์มากกว่าศูนย์ ความเร็วของวัตถุจะค่อยๆ ลดลง

4. ไม่มีแรงอื่นมากระทำ

5. แรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา

6. ถ้าแรงลัพธ์มากกว่า 5 นิวตันวัตถุจะไม่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

ข้อ 16 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. มวลคือน้ำหนักของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม เพราะเมื่อนำเอาวัตถุไปชั่งบนเครื่องชั่งตัวเลขที่เข็มเครื่องชั่งชี้คือน้ำหนักของวัตถุมีหน่วยกิโลกรัม

2. มวลคือน้ำหนักของวัตถุที่ชั่งได้ มีค่าคงที่ 10 นิวตัน ไม่ว่าจะชั่งที่ใดก็ตาม มีหน่วยเป็นนิวตันซึ่งได้มาจากสูตร $m = wg$

ข้อ 17 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. มวลสามารถระบุได้เฉพาะขนาดไม่มีทิศทางซึ่งเป็นปริมาณสเกลาร์มีหน่วยในระบบ SI คือ นิวตัน

2. มวลสามารถระบุได้เฉพาะขนาดไม่มีทิศทางจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์มีหน่วยในระบบ SI คือ นิวตัน

3. มวลไม่มีขนาดและทิศทางจึงเป็นปริมาณสเกลาร์มีหน่วยในระบบ SI คือ กิโลกรัม

4. มวลมีทั้งขนาดและทิศทางจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์มีหน่วยในระบบ SI คือ นิวตัน

ข้อ 18 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. บนดวงจันทร์มีแรงดึงดูดน้อยกว่าบนโลกดังนั้นมวลของวัตถุบนดวงจันทร์จึงมีค่าน้อยกว่าเมื่ออยู่บนโลกเพราะมวลมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเร่งโน้มถ่วง(g)

2. แรงโน้มถ่วงบนดวงจันทร์มากกว่าบนโลกมวลของวัตถุบนดวงจันทร์จึงมากกว่าบนโลก

3. มวลมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมวล $5 \text{ kg} = 50$ นิวตัน ดังนั้นไม่ว่าจะอยู่ที่ใดมวลของวัตถุชิ้นนั้นก็จะมีค่า 50 นิวตัน

4. ค่าความเร่งโน้มถ่วงบนดวงจันทร์น้อยกว่าโลกดังนั้นถ้าวัตถุยังสามารถอยู่บนดวงจันทร์ได้แสดงว่าวัตถุจะต้องมีมวลเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่ออยู่บนโลก

5. บนดวงจันทร์ไม่มีแรงโน้มถ่วงมวลจึงน้อยกว่า 5 kg

ข้อ 19 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุมีค่าคงที่เมื่อมีแรงกระทำมากขึ้นเพราะมวลมีค่าคงที่

2. ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุแปรผกผันกับแรงที่กระทำกับวัตถุ

3. แรงกับความเร่งไม่มีผลต่อกัน

4. แรงเป็นค่าคงที่

ข้อ 20 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุแปรผันตรงกับมวลของวัตถุ มวลมากความเร่งมาก

2. ถ้าออกแรงกระทำต่อวัตถุเท่าเดิมไม่ว่ามวลของวัตถุเพิ่มขึ้นหรือลดลงความเร่งของวัตถุจะเท่าเดิม

3. ความเร่งมีค่าคงตัวเสมอ

ข้อ 21 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. เมื่อมวลคงตัวความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุแปรผันตรงกับแรงที่กระทำ เมื่อแรงที่กระทำคงตัวความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุแปรผันตรงกับมวลเมื่อความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุคงตัวแรงที่กระทำแปรผกผันกับมวล

2. เมื่อมวลคงที่ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุแปรผกผันกับแรงที่กระทำ เมื่อแรงที่กระทำคงตัวความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุแปรผกผันกับมวลเมื่อความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุคงตัวแรงที่กระทำแปรผันตรงกับมวล

ข้อ 22 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ คือผลบวกของแรงเฉพาะด้านที่มีจำนวนแรงมากกว่า ดังนั้นแรงลัพธ์จึงมีทิศไปทางซ้ายและทิศของความเร่งมีทิศตรงข้ามกับแรงลัพธ์

2. แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ คือการหาค่าเฉลี่ยของแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุจากภาพจะได้แรงลัพธ์ $(4+1+1) \div 3 = 2$ นิวตัน มีทิศไปทางซ้ายเพราะแรงที่มีทิศไปทางซ้ายมีจำนวนมากกว่าและความเร่งต้องมิติศตรงข้ามกับแรงลัพธ์

3. แรงจากซ้ายไปขวามีขนาด 4 นิวตัน แรงจากขวาไปซ้ายมีขนาด 2 นิวตัน ดังนั้น แรงลัพธ์จึงมีขนาด 2 นิวตัน มีทิศไปทางขวา ดังนั้นความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุจึงมีทิศไปทางซ้ายเพราะทิศของความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุมีทิศตรงข้ามกับแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ

ข้อ 23 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ออกแรงให้น้อยลงเพื่อให้ความเร่งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมวลคงที่ความเร่งจะแปรผกผันกับแรง
2. แรงเป็นค่าคงที่
3. แรงไม่มีผลต่อความเร่ง

ข้อ 24 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ลังใส่หนังสือมีมวลมากกว่าลังใส่ขนมเมื่อออกแรงผลักด้วยขนาดเท่ากันลังใส่หนังสือซึ่งมีมวลมากกว่าก็จะมีแรงในการเคลื่อนที่มากกว่าเพราะว่ามวลกับความเร่งแปรผกผันตรงกัน
2. เพราะกลิ้งและแกว้อออกแรง 5 นิวตันเท่ากันความเร่งในการเคลื่อนที่ของลังทั้งสองจึงเท่ากันแม้ว่ามวลจะต่างกันเพราะความเร่งไม่เกี่ยวข้องกันกับมวล
3. ลังใส่หนังสือมีมวลมากกว่าลังใส่ขนมจึงต้องออกแรงมากในการผลักลังใส่หนังสือให้เคลื่อนเมื่อออกแรงมากความเร่งของลังใส่หนังสือจึงมากกว่าลังใส่ขนม
4. ความเร่งมีค่าคงตัวเสมอ ดังนั้นความเร่งในการเคลื่อนที่ความเร่งของลังทั้งสองจึงเท่ากัน

ข้อ 25 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงที่กระทำกับวัตถุแปรผกผันกับมวลของวัตถุเมื่อวัตถุมีมวลเพิ่มขึ้นแรงที่กระทำกับวัตถุจึงน้อยลงเพื่อให้วัตถุมีความเร่งเท่าเดิม
2. ถ้าต้องการให้ชั้นหนังสือเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าเดิมก็ต้องออกแรงเท่าเดิม
3. เนื่องจากมวลเพิ่มมาเพียง 1 กิโลกรัมซึ่งถือว่าน้อยมาก ดังนั้นมวลจึงไม่เปลี่ยนแปลงไปมาก หิมจึงออกแรงเท่าเดิมเพื่อให้ชั้นหนังสือมีความเร่งเท่าเดิม
4. แรงมีค่าคงที่
5. มวลของวัตถุน้อยลงจึงต้องออกแรงน้อยลงความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุจึงเท่าเดิม
6. มวลไม่มีผลต่อความเร่งจึงออกแรงเท่าเดิม

ข้อ 26 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. วัตถุเคลื่อนที่แสดงว่าไม่มีแรงกิริยา – แรงปฏิกิริยาเกิดขึ้น
2. ไม่เกิดแรงปฏิกิริยาเพราะวัตถุเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิตไม่สามารถออกแรงกระทำได้
3. แรงปฏิกิริยา ที่วัตถุกระทำกลับกับเรานั้นจะมีค่าน้อยกว่าแรงกิริยาที่เรากระทำกับวัตถุ เพราะวัตถุเคลื่อนที่แล้วมีแรงเสียดทานทำให้วัตถุออกแรงกระทำกับเราน้อยลง
4. ผลักไปทางไหนก็ไปทางนั้นตามแรงที่เราผลัก
5. เราออกแรงกระทำกับวัตถุเป็นแรงกิริยาส่วนวัตถุเป็นแรงปฏิกิริยา ดังนั้นจึงมีขนาดและทิศทางไปตามแรงกิริยาที่กระทำกับวัตถุ
6. แรงปฏิกิริยา ที่วัตถุกระทำกับเรามีขนาดน้อยกว่าแรงที่เรากระทำกับวัตถุเพราะวัตถุมีขนาดเล็กกว่าเรา

ข้อ 27 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. วัตถุคู่หนึ่งถ้าไม่ได้สัมผัสกันจะไม่เกิดแรงกิริยา – แรงปฏิกิริยา ดังนั้นวัตถุคู่หนึ่งๆจะเกิดแรงกิริยา – แรงปฏิกิริยากระทำต่อกันได้วัตถุคู่หนึ่งจะต้องสัมผัสกัน
2. วัตถุคู่ที่ 1 มีระยะห่างมากกว่าคู่ที่ 2 จึงมีโอกาสเกิดแรงกิริยา – ปฏิกิริยาต่อกันได้มากกว่า
3. วัตถุคู่ที่ 1 ไม่มีแรงกระทำต่อกันแต่มีแรงที่กระทำต่อพื้น

ข้อ 28 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. จากกฎการเคลื่อนข้อที่ 3 ของนิวตัน แรงกิริยา=แรงปฏิกิริยา แรงทั้งสองเป็นแรงภายนอกที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงข้ามกันและออกแรงกระทำกับวัตถุก่อนเดียวกันทำให้วัตถุหยุดนิ่ง ($\Sigma F = 0$)

2. แรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา เกิดจากการออกแรงกระทำต่อกันของวัตถุ 2 ก้อนโดยแรงทั้งสองมีทิศตรงข้ามกันแต่ว่าแรง B มีขนาดน้อยกว่าแรง A เพราะแรง B เป็นแรงจากวัตถุ B ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าวัตถุ A

ข้อ 29 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. มวลมีค่าเท่ากับน้ำหนักเมื่อชั่งบนโลกมวล 5 กิโลกรัม น้ำหนักก็เท่ากับ 5 กิโลกรัม
2. น้ำหนัก(W) เท่ากับอัตราส่วนระหว่างมวล(m) กับปริมาตร(V)
3. ปริมาตรกับมวลไม่สามารถนำมาคูณกันได้จึงทำให้ปริมาตรเป็น 1 ลบ.ม.มวล จะ เท่ากับ 10 กิโลกรัม
4. $D = (mg) / V$ โดย D คือความหนาแน่น m คือมวล g คือความเร่งโน้มถ่วง V คือปริมาตร

ข้อ 30 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. น้ำหนักเป็นปริมาณสเกลาร์สามารถระบุได้เฉพาะขนาดไม่มีทิศทาง มีหน่วยในระบบ SI คือกิโลกรัม
2. น้ำหนักเป็นปริมาณเวกเตอร์เพราะสามารถระบุได้ทั้งขนาดและทิศทาง มีหน่วยในระบบ SI คือกิโลกรัม
3. น้ำหนักเป็นปริมาณเวกเตอร์สามารถระบุได้เฉพาะขนาด ไม่มีทิศทาง มีหน่วยในระบบ SI คือกิโลกรัม
4. น้ำหนักเป็นปริมาณเวกเตอร์สามารถระบุได้เฉพาะขนาด ไม่มีทิศทาง มีหน่วยในระบบ SI คือ นิวตัน

ข้อ 31 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกคือ 10 m/s^2 แต่ค่าความเร่งโน้มถ่วงของดาวพฤหัสบดีคือ 2.53 m/s^2 ซึ่งน้อยกว่าโลกน้ำหนักของวัตถุที่ชั่งบนดาวพฤหัสบดีจึงน้อยกว่าบนโลก
2. น้ำหนักมีค่าคงที่ไม่ว่าจะชั่งที่ไหนก็ตาม
3. ยิ่งค่าความเร่งโน้มถ่วงมากน้ำหนักของวัตถุจะยิ่งลดลง

ข้อ 32 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. น้ำหนักของวัตถุมีค่าคงที่ไม่ว่าวัตถุจะอยู่ ณ ตำแหน่งใดก็ตาม

2. ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก (g) มีค่าคงตัวเสมอ คือ 10 m/s^2 หรือ 9.8 m/s^2 ไม่ว่าจะอยู่ ณ ตำแหน่งใดก็ตาม

3. ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากโลกมากขึ้นค่าความเร่งโน้มถ่วงจะยังมีค่าน้อยลง น้ำหนักจึงยิ่งมากขึ้น

ข้อ 33 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ในอวกาศไม่มีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำกับวัตถุจึงไม่มีแรงกระทำระหว่างกันส่วนบนพื้นโลกมีแรงดึงดูดของโลกวัตถุจึงสามารถออกแรงกระทำระหว่างกันได้

2. ถ้าวัตถุชนกันก็จะเกิดแรงกระทำต่อกันได้แต่ถ้าไม่ชนกันก็ไม่เกิดแรงกระทำต่อกัน

3. ในอวกาศไม่มีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำดังนั้นวัตถุที่เป็นคู่กันสามารถออกแรงกระทำต่อกันได้เพราะเป็นอิสระจากแรงโน้มถ่วงของโลก

4. เราสามารถออกแรงได้ทุกที่ใช้แรงในทุกกิจกรรม

5. ไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็จะมีแรงโน้มถ่วง

6. มันต้องมีแรงต้านสิ่งต่างๆ มันย่อมต้องมีแรง

7. ในอวกาศไม่มีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำ วัตถุอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก วัตถุจึงต้องออกแรงกระทำต่อกันเพื่อไม่ให้ตัวมันเองหลุดลอยออกไป

8. แรงกิริยา-ปฏิกิริยาจะเกิดเมื่อวัตถุอยู่ติดกับพื้นโลก ในอวกาศวัตถุจะล่องลอยไม่ได้ติดกับพื้นจึงไม่เกิดแรงกิริยา-ปฏิกิริยา

9. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ก็จะสามารถออกแรงกระทำต่อกันได้แต่ถ้าไม่เคลื่อนที่ก็จะไม่มีแรงกระทำต่อกัน

ข้อ 34 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงดึงดูดระหว่างมวลวัตถุที่มีมวลไม่เท่ากันจะออกแรงดึงดูดไม่เท่ากัน โดยวัตถุที่มีมวลมากจะต้องออกแรงดึงดูดมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย เช่น ดวงอาทิตย์มีมวลมากกว่าโลก ดวงอาทิตย์จึงออกแรงดึงดูดโลกมากกว่าแรงที่โลกดึงดูดดวงอาทิตย์

2. แรงดึงดูดระหว่างมวล วัตถุที่มีมวลไม่เท่ากันจะออกแรงดึงดูดไม่เท่ากัน โดยวัตถุที่มีมวลน้อย จะต้องออกแรงดึงดูดมากกว่าวัตถุที่มีมวลมาก เพื่อต้านกับแรงที่วัตถุมวลมากดูดเพื่อให้เกิดความสมดุล

3. แรงดึงดูดระหว่างมวล วัตถุที่มีขนาดไม่เท่ากันจะออกแรงดึงดูดไม่เท่ากันโดยวัตถุที่มีขนาดใหญ่จะออกแรงดึงดูดมากกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็ก

4. วัตถุทั้งสองหยุดนิ่งจึงมีแรงกระทำที่เท่ากันแต่ถ้าวัตถุเคลื่อนที่แรงดึงดูดที่กระทำต่อกันจึงไม่เท่ากัน

5. แรงเหวี่ยงระหว่างวัตถุ

ข้อ 35 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. วัตถุคู่ที่ 1 และคู่ที่ 2 มีมวลเท่ากันจึงมีแรงดึงดูดระหว่างมวลเท่ากัน เพราะแรงดึงดูดระหว่างมวลไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างวัตถุ

2. วัตถุคู่ที่ 1 อยู่ห่างกันมากกว่าวัตถุคู่ที่ 2 ดังนั้นวัตถุคู่ที่ 1 จึงมีแรงดึงดูดระหว่างมวลกระทำต่อกันมากกว่าวัตถุคู่ที่ 2 เพื่อไม่ให้มันหลุดออกจากกัน

ข้อ 36 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. $W = mg$ และ $N = mg$ โดย N มีทิศขึ้น W มีทิศลง ดังนั้นน้ำหนักของวัตถุจึงเกิดจากแรงที่โลกกระทำต่อวัตถุโดยการผลักรวมวัตถุในทิศขึ้น

2. น้ำหนักมีค่าคงที่ค่าใดค่าหนึ่ง

3. น้ำหนักของวัตถุออกแรงดึงดูดมวลทำให้เกิดน้ำหนัก

ข้อ 37 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วงซึ่งแรงโน้มถ่วงทำให้มวลของวัตถุมีค่าเปลี่ยนไป ยิ่งแรงโน้มถ่วงมากมวลของวัตถุก็จะเพิ่มขึ้น

2. ความเร่งโน้มถ่วงที่เกิดจากการดึงดูดของสนามโน้มถ่วงไม่ทำให้มวลของวัตถุเปลี่ยนไป ดังนั้นสนามโน้มถ่วงจึงไม่มีผลใดๆ ต่อวัตถุ

3. สนามโน้มถ่วงทำให้เกิดแรงโน้มถ่วง ถ้าแรงโน้มถ่วงมากมวลก็จะมีค่าน้อยลง

ข้อ 38 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงโน้มถ่วงของโลกคือแรงดึงดูดของโลกที่กระทำกับน้ำหนักของวัตถุไม่ใช่กระทำกับมวลของวัตถุเพราะน้ำหนักของวัตถุขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วง ถ้าไม่มีแรงโน้มถ่วงก็ไม่มีน้ำหนัก

2. แรงโน้มถ่วงจะกระทำกับวัตถุโดยหันหัวลูกศรของแรงไปทางวัตถุเหมือนโลกออกแรงกระทำกับดวงจันทร์ เมื่อโลกออกแรงกระทำแรงก็ต้องมีทิศขึ้นเข้าหาวัตถุและน้ำหนักก็เกิดจากแรงที่โลกผลักรวมวัตถุ

3. แรงโน้มถ่วงคือแรงที่โลกดึงดูดมวลของวัตถุเพราะมวลของวัตถุมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงโน้มถ่วง

4. วัตถุมีน้ำหนักคงที่ โลกจึงต้องออกแรงดึงดูดกระทำกับน้ำหนัก

ข้อ 39 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ค่าที่โจทย์ต้องการหาคือ หาความเร่งโน้มถ่วงซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ G ซึ่งจากสมการ $F = (Gm_1m_2)/R^2$ ใช้แทนค่า $F = 6.67 \times 10^{-11}$ เพราะ F คือ ค่าคงตัวโน้มถ่วงสากล

2. จาก $F = mg$ และ $F = (Gm_1m_2)/R^2$ จะได้ $mg = (Gm_1m_2)/R^2$ แทนค่า G คือ ความเร่งโน้มถ่วงที่ผิวโลก แทนด้วย 10 m/s^2 โดย g คือ สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม, m_1 คือมวลของวัตถุ, m_2 คือมวลของโลก และ R คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวัตถุกับจุดศูนย์กลางโลก

3. 10^2 kg ไม่ใช่ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกจึงไม่ต้องนำมาคูณกับค่าความเร่งโน้มถ่วง

4. ในการแทนค่าจากสูตร $F = (Gm_1m_2)/R^2$ ในแทนค่า $R = 10$, $m_1 = 10^2$, $m_2 = 6.67 \times 10^{-11}$, $g = 6 \times 10^{24}$

ข้อ 40 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ณ ตำแหน่งที่ห่างจากโลกมากขึ้น แรงโน้มถ่วงของโลกจะเพิ่มขึ้น ค่าความเร่งโน้มถ่วงจึงเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ระดับผิวโลก

2. ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่าคงที่เสมอไม่ว่าจะอยู่ ณ ตำแหน่งใด
3. ดาวเทียมกับโลกไม่ได้เคลื่อนที่เข้าหากันแสดงว่าแรงโน้มถ่วงเท่ากัน

ข้อ 41 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. วัตถุที่ลอยอยู่ในอากาศ เช่น ฟุ่่นละออง มีขนาดเล็กมาก มีน้ำหนักน้อยมากจึงเรียกได้ว่าอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก
2. อากาศมีโมเลกุลเล็กมาก มีขนาดเล็กมาก มีน้ำหนักเบามาก จึงเรียกได้ว่าอยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก
3. ในอากาศไม่มีแรงโน้มถ่วงกระทำกับวัตถุหรือมีแต่น้อย วัตถุจึงลอย (อยู่ในสภาพไร้น้ำหนัก)
4. วัตถุที่อยู่ห่างจากโลกและดวงดาวอื่นๆ มากๆ จะเป็นสุญญากาศเมื่อไม่อากาศก็ไม่มีแรงใดๆ มากระทำ น้ำหนักของวัตถุจึงเป็นศูนย์

ข้อ 42 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงเสียดทานมีผลต่อความเร็วของวัตถุ ดังนั้นวัตถุที่หยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จึงไม่มีความเร็ว ดังนั้นจึงไม่มีแรงเสียดทานมากระทำกับวัตถุ
2. เมื่อมีแรงกระทำในทิศตรงกันข้ามจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลง
3. ได้สูญเสียพลังงาน
4. แรงเสียดทานจะส่งเสริมการเคลื่อนที่ของวัตถุทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น
5. วัตถุไถลวัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าเดิม

ข้อ 43 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงเสียดทานมีทิศเดียวกับทิศของแรงที่ผลักช่วยผลักช่วยออกแรงทำให้วัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น มีทิศเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ
2. แรงเสียดทานทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลง ดังนั้นแรงเสียดทานจึงมีทิศตั้งฉากในแนวแกน y เพื่อกดให้หนักขึ้น เมื่อมีแรงกดก็จะหนักขึ้นเป็นการต้านการเคลื่อนที่

ข้อ 44 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงเสียดทานสถิตจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว
2. แรงเสียดทานสถิตจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว (ความเร็วเปลี่ยนไป) เพราะมีแรงภายนอกมากระทำ
3. แรงเสียดทานสถิตจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

ข้อ 45 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. วัตถุที่กำลังจะเคลื่อนที่จะมีแรงแรงเสียดทานจลน์กระทำกับวัตถุเพื่อต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ
2. แรงเสียดทานจลน์จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุไม่เคลื่อนที่เป็นแรงต้านไม่ให้วัตถุเคลื่อนที่
3. แรงเสียดทานจลน์เกิดขณะวัตถุไถลจะเคลื่อนที่เพราะวัตถุที่หยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จะมีแรงเสียดทานสถิตและวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวจะไม่มีแรงเสียดทาน

4. วัตถุไม่เคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวจะมีแรงเสียดทานสถิตกระทำ

5. แรงเสียดทานจลน์จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุกำลังจะเคลื่อนที่ เพราะถ้าวัตถุหยุดนิ่งจะไม่เกิดแรงเสียดทาน เพราะถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวจะมีแรงเสียดทานสถิตมากกว่า

ข้อ 46 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แท่งเหล็ก A มีแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากมากกว่าจึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าแท่งเหล็ก B ส่งผลให้แรงเสียดทานของแท่งเหล็ก A มากกว่าแท่งเหล็ก B

2. แรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉาก (N) แปรผกผันกับแรงเสียดทาน (f)

3. แรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากหรือน้ำหนักไม่มีผลต่อแรงเสียดทาน

4. A กับ B เป็นแท่งเหล็กเหมือนกันดังนั้นจึงมีแรงเสียดทานกระทำกับวัตถุเท่ากัน

5. แท่งเหล็ก A กับ B วางอยู่บนโต๊ะเดียวกันจึงมีแรงเสียดทานกระทำกับวัตถุเท่ากัน

ข้อ 47 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. บัวและบีผลักล่องไปเดียวกัน หนักเท่ากัน มีแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากเท่ากันแสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส $x = y$

2. สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสน้อยทำให้แรงเสียดทานมากจึงต้องออกแรงผลักมาก

3. แรงของปีกกดที่พื้นมากกว่าและพื้นลาดยางหนาแน่นกว่าพื้นกระเบื้องดังนั้นสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของพื้นลาดยางน่าจะมากกว่า

4. ล่องมีน้ำหนักมากกว่าแล้วอยู่บนพื้นลาดยางจึงมีแรงเสียดทานมากกว่า

5. บิ้อออกแรงมากบนพื้นลาดยางขรุขระทำให้แรงเสียดทานน้อยลงสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างล่องกับพื้นลาดยาง (y) มีค่าน้อยลง

ข้อ 48 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างลึงกับพื้นกระจกมากกว่าลึงกับพื้นลาดยางและมากกว่าลึงกับพื้นไม้ พื้นกระจกจึงมีแรงเสียดทานมากที่สุด รองลงมาคือพื้นลาดยาง และพื้นไม้ตามลำดับ

2. พื้นกระจกแรงเสียดทานจะเกิดน้อยที่สุดเพราะพื้นลื่นมากที่สุดจึงต้องออกแรงเยอะเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3. พื้นกระจกมีความฝืด (แรงเสียดทาน) มากกว่าพื้นไม้และพื้นลาดยางตามลำดับ

4. แรงเสียดทานไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของพื้นผิวแต่ขึ้นอยู่กับแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉาก

ข้อ 49 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. จากสมการ $f = \mu N$ เมื่อ N คงที่ μ มากขึ้น ก็ต้องมี f น้อยลงเพื่อวัตถุจะได้มีความเร็วคงตัวหรือ μ น้อยลง f มากขึ้นก็ต้องออกแรงมากขึ้น

2. ลึงหนังสือเล่มเดิมมีแรงกดระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากเท่ากัน ดังนั้นจึงออกแรงเท่าเดิมทั้งบนพื้นชนิด A,B,C

3. ออกแรงดึงลึงใส่หนังสือเท่ากันจะได้มีความเร็วในการเคลื่อนที่คงที่

ข้อ 50 มีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้

1. แรงกตระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากไม่มีผลต่อค่าแรงเสียดทาน
2. การเพิ่มแรงเสียดทานจะต้องเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของวัตถุหรือเพิ่มแรงกตระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากเพราะการเปลี่ยนวัตถุที่สัมผัสกันไม่ทำให้แรงเสียดทานเปลี่ยน
3. การเพิ่มแรงกตระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากจะทำให้แรงเสียดทานลดลง
4. แรงที่กระทำในแนวตั้งฉากไม่ใช่แรงเสียดทาน
5. แรงกตระหว่างผิวสัมผัสในแนวตั้งฉากมาก ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสมาก แรงเสียดทานก็มาก
6. การเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของวัตถุจะเป็นการลดแรงเสียดทาน



ภาคผนวก ฅ
ตัวอย่างแบบทดสอบวินิจฉัยสึ่ลําดับชั้น
เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สํหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบทดสอบวินิจฉัยสําคัญเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

วัตถุประสงค์

แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

แบบทดสอบวินิจฉัยสําคัญเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ฉบับนี้ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 40 ข้อ โดยแต่ละข้อประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 (A-tier) คือ คำตอบของคำถาม ประกอบด้วยตัวเลือก 3 ตัวเลือก โดย 1 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 2 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือตัวลวงที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ส่วนที่ 2 (C_A-tier) คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถาม ประกอบด้วย 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

ส่วนที่ 3 (R-tier) คือ เหตุผลของคำตอบ ประกอบด้วยตัวเลือก 4 ตัวเลือก โดย 1 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง อีก 2 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือตัวลวงที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยตัวเลือกที่ 4 จะเป็นเหตุผลอื่นๆ ซึ่งจะเว้นช่องว่างให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลตามแนวคิดของตนเองในกรณีที่นักเรียนมีแนวคิดหรือเหตุผลที่แตกต่างไปจากตัวเลือกที่กำหนดให้

ส่วนที่ 4 (C_R-tier) คือ ระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบ ประกอบด้วย 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

ทั้งนี้ให้นักเรียนเลือกคำตอบ ระดับความมั่นใจในคำตอบ เหตุผลของคำตอบ และระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบให้ครบทุกข้อ

หมายเหตุ ข้อมูลคำตอบของนักเรียนจะไม่มีผลใดๆ ต่อผลการเรียนของนักเรียน

มโนคติที่ 1 เรื่อง แรง

ตัวอย่าง ข้อใดเป็นผลของแรงที่ถูกต้องที่สุด

- ก. เตะออกแรงผลักกล่อง กล่องจะเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนขนาดของความเร็ว ไม่สามารถเปลี่ยนทิศทางของความเร็วและรูปร่างได้
- ข. ต้มออกแรงผลักกล่อง กล่องจะเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนทิศทางของความเร็ว ไม่สามารถเปลี่ยนขนาดของความเร็วและรูปร่างได้
- ค. ตีออกแรงผลักกล่อง กล่องจะเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนขนาดและ/หรือทิศทางของความเร็ว และ/หรือเปลี่ยนรูปร่าง

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

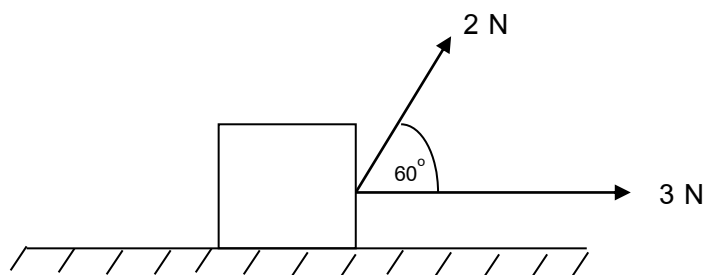
เหตุผล

1. เพราะผลของแรงทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่โดยอาจเปลี่ยนขนาดของความเร็ว เปลี่ยนทิศทางของความเร็ว และ/หรือเปลี่ยนรูปร่างก็ได้
2. เพราะผลของแรงทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนขนาดของความเร็ว ไม่สามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนทิศทางของความเร็วและรูปร่างได้
3. เพราะผลของแรงทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนทิศทางของความเร็ว ไม่สามารถทำให้วัตถุเปลี่ยนขนาดของความเร็วและรูปร่างได้
4. เหตุผลอื่นๆ.....

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

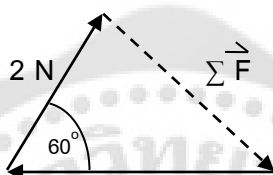
มโนคติที่ 2 การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำร่วมกัน

ตัวอย่าง

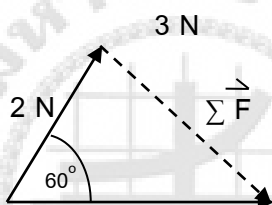


จากภาพ ข้อใดแสดงวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำร่วมกันโดยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยมได้ถูกต้อง

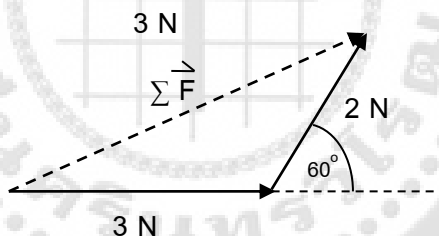
ก.



ข.



ค.



ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

เหตุผล

1. เพราะการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำร่วมกันโดยสร้างรูปสามเหลี่ยมจะต้องนำหางลูกศรของแรงหนึ่งมาต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง โดยทิศทางของแรงสามารถสลับทิศตรงข้ามกันได้โดยที่ขนาดของแรงและมุมของแรงที่กระทำต่อกันเท่าเดิม

2. เพราะการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำร่วมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยมจะต้องนำหางลูกศรของแรงทั้งสองมาต่อกันซึ่งจะต้องคำนึงถึงขนาดและทิศทางของแรงด้วย โดยเวกเตอร์ของแรงลัพธ์จะลากจากหัวลูกศรของแรงหนึ่งไปยังหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง

3. เพราะการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่กระทำร่วมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยมจะต้องนำหางลูกศรของแรงหนึ่งมาต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่งซึ่งจะต้องคำนึงถึงขนาดและทิศทางของแรงด้วย โดยเวกเตอร์ของแรงลัพธ์จะลากจากหางลูกศรของแรงหนึ่งมาต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่ง

4. เหตุผลอื่นๆ.....

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

มโนคติที่ 3 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

ตัวอย่าง ถ้ากล่องใบหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว 5 เมตรวินาที ในแนวเส้นตรง แรงลัพธ์ที่กระทำกับกล่องใบนี้เป็นเท่าไร

- ก. 0 นิวตัน
- ข. 5 นิวตัน
- ค. น้อยกว่า 5 นิวตัน

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

เหตุผล

1. เพราะวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวแสดงว่ามีแรงลัพธ์ที่ไม่เท่ากับศูนย์มากกระทำกับวัตถุและขนาดของแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับความเร็วของวัตถุนั้น
2. เพราะวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวแสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์
3. เพราะมีแรงเสียดทานแต่แรงเสียดทานมีค่าน้อยกว่าแรงที่กระทำกับวัตถุ
4. เหตุผลอื่นๆ.....

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

มโนคติที่ 4 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

ตัวอย่าง กล้าปลั๊กลึงใส่หนังสือมวล 10 กิโลกรัม ไปในแนวราบด้วยแรง 5 นิวตัน ส่วน
 แก้วปลั๊กลึงใส่ขนมมวล 5 กิโลกรัม ไปในแนวราบด้วยแรง 5 นิวตันเช่นเดียวกัน วัตถุทั้งสอง
 มีความเร่งในการเคลื่อนที่อย่างไร (ถ้าไม่คำนึงถึงแรงเสียดทาน)

- ก. ลึงใส่หนังสือมีความเร่งมากกว่าลึงใส่ขนม
- ข. ลึงใส่ขนมมีความเร่งมากกว่าลึงใส่หนังสือ
- ค. ลึงทั้งสองมีความเร่งเท่ากัน

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

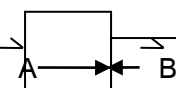
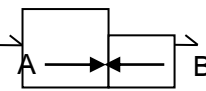
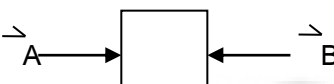
เหตุผล

1. เพราะเมื่อออกแรงคงที่กระทำกับวัตถุ ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุจะแปรผกผัน
กับมวลของวัตถุ
2. เพราะเมื่อออกแรงคงที่กระทำกับวัตถุ ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุจะแปรผันตรง
กับมวลของวัตถุ
3. เพราะเมื่อออกแรงคงที่กระทำกับวัตถุ ความเร่งในการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งสองจึงเท่ากัน
แม้ว่ามวลของวัตถุทั้งสองจะแตกต่างกันเนื่องจากมวลของวัตถุไม่มีผลต่อค่าความเร่ง
ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ
4. เหตุผลอื่นๆ.....

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

มโนทัศน์ที่ 5 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน

ตัวอย่าง ข้อใดแสดงขนาดและทิศทางของคู่แรงกิริยา-ปฏิกิริยาได้ถูกต้องที่สุด (A และ B คือแรงกิริยา-ปฏิกิริยา)

- ก. 
- ข. 
- ค. 

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

เหตุผล

1. เพราะแรงกิริยากับแรงปฏิกิริยาเป็นแรงที่มีทิศตรงข้ามกัน ออกแรงกระทำกับวัตถุคนละก้อนที่เป็นคู่กัน โดยแรงกิริยา-ปฏิกิริยาไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากันขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ
2. เพราะแรงกิริยากับแรงปฏิกิริยาเป็นแรงภายนอกที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงข้ามกัน โดยแรงทั้งสองจะกระทำกับวัตถุคนละก้อนเดียวกันทำให้วัตถุมีแรงลัพธ์เป็นศูนย์วัตถุจึงหยุดนิ่ง
3. เพราะแรงกิริยามีขนาดเท่ากับแรงปฏิกิริยาแต่มีทิศทางตรงข้ามกันและออกแรงกระทำกับวัตถุคนละก้อนที่เป็นคู่กิริยา - แรงปฏิกิริยากัน
4. เหตุผลอื่นๆ.....

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

มโนมติที่ 6 น้ำหนัก

ตัวอย่าง น้ำหนักเป็นปริมาณชนิดใด และมีหน่วยในระบบ SI คืออะไร

- ก. น้ำหนักเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยในระบบ SI คือ กิโลกรัม
- ข. น้ำหนักเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยในระบบ SI คือ กิโลกรัม
- ค. น้ำหนักเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยในระบบ SI คือ นิวตัน

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

เหตุผล

- 1. เพราะน้ำหนักเป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง มีหน่วยในระบบ SI คือ กิโลกรัม
- 2. เพราะน้ำหนักเป็นปริมาณที่มีขนาดแต่ไม่มีทิศทาง มีหน่วยในระบบ SI คือ กิโลกรัม
- 3. เพราะน้ำหนักเป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง มีหน่วยในระบบ SI คือ kg.m/s^2

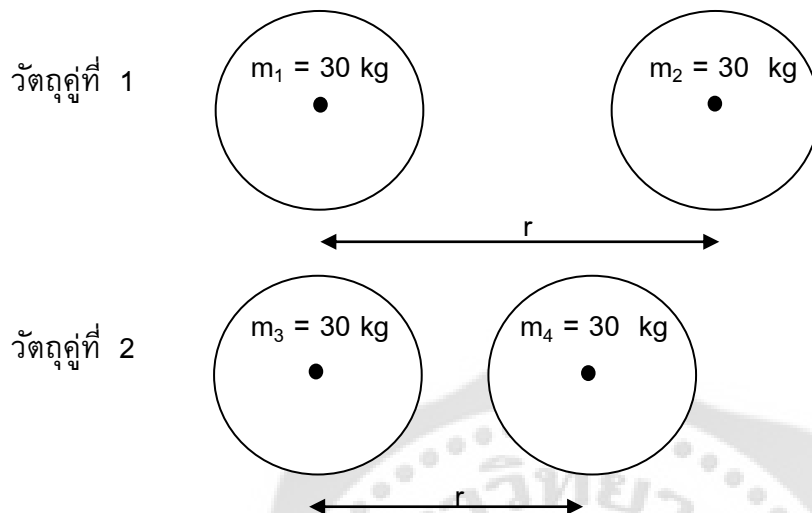
หรือนิวตัน

- 4. เหตุผลอื่นๆ.....

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

มโนทัศน์ที่ 7 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

ตัวอย่าง จากภาพ แรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุทั้งสองคู่เป็นอย่างไร (r คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสอง)



- ก. แรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุคู่ที่ 1 มากกว่าวัตถุคู่ที่ 2
 ข. แรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุคู่ที่ 1 น้อยกว่าวัตถุคู่ที่ 2
 ค. แรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุคู่ที่ 1 เท่ากับวัตถุคู่ที่ 2

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

เหตุผล

1. เพราะตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน วัตถุยิ่งอยู่ห่างกันมากยิ่งมีแรงดึงดูดกระทำต่อน้อย
2. เพราะตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน วัตถุยิ่งอยู่ห่างกันมากยิ่งมีแรงดึงดูดกระทำต่อน้อยมากเพื่อไม่ให้วัตถุหลุดออกจากกัน
3. เพราะตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน วัตถุคู่ที่ 1 และคู่ที่ 2 มีมวลเท่ากัน ดังนั้นจึงมีแรงดึงดูดระหว่างมวลกระทำต่อนันเท่ากัน เพราะแรงดึงดูดระหว่างมวลไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างวัตถุ
4. เหตุผลอื่นๆ.....

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

มโนคติที่ 8 แรงเสียดทาน

ตัวอย่าง ข้อใดเป็นผลที่เกิดจากแรงเสียดทานสถิต ถ้ามีแรงภายนอกมากกระทำกับวัตถุในแนวราบ

- ก. วัตถุวางนิ่งอยู่บนโต๊ะ
- ข. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว
- ค. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

เหตุผล

1. เพราะแรงเสียดทานสถิตเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งกระทำกับวัตถุในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว
2. เพราะแรงเสียดทานสถิตเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งกระทำกับวัตถุในขณะที่วัตถุไม่เคลื่อนที่หรือกำลังจะเคลื่อนที่
3. เพราะแรงเสียดทานสถิตเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งกระทำกับวัตถุในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว (ความเร็วเปลี่ยนไป) เพราะมีแรงภายนอกมากกระทำ
4. เหตุผลอื่นๆ.....

ระดับความมั่นใจในคำตอบ ☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ภาคผนวก ญ
คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสึ่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสําคัญระดับชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

แบบทดสอบวินิจฉัยสําคัญระดับชั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ที่ผ่านการประเมินตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว เพื่อใช้ในการศึกษา แนวคิดที่ถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้ แนวคิดคลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนที่เรียนเนื้อหาเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่เสร็จสิ้นแล้ว โดย แบบทดสอบวินิจฉัยสําคัญระดับชั้นฉบับนี้ประกอบไปด้วยข้อคำถาม 40 ข้อ 8 มโนคติ ดังนี้

มโนคติที่ 1 เรื่อง แรง ประกอบด้วยข้อคำถาม 6 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6

มโนคติที่ 2 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 7, 8 และ 9

มโนคติที่ 3 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน ประกอบด้วยข้อคำถาม 4 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 10, 11, 12 และ 13

มโนคติที่ 4 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ประกอบด้วยข้อคำถาม 9 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 และ 22

มโนคติที่ 5 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 22 และ 24

มโนคติที่ 6 เรื่อง น้ำหนัก ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 25, 26 และ 27

มโนคติที่ 7 เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน ประกอบด้วยข้อคำถาม 6 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 28, 29, 30, 31, 32 และ 33

มโนคติที่ 8 เรื่อง แรงเสียดทาน ประกอบด้วยข้อคำถาม 7 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 34, 35, 36, 37, 38, 39 และ 40

โดยแต่ละข้อคำถามจะประกอบไปด้วย 4 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 (A-tier) คือ คำตอบของคำถาม ประกอบด้วยตัวเลือก 3 ตัวเลือก โดย 1 ตัวเลือก จะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 2 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือตัวลวงที่แสดงแนวคิดที่ คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ส่วนที่ 2 (C_A-tier) คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถาม ประกอบด้วย 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

ส่วนที่ 3 (R-tier) คือ เหตุผลของคำตอบ ประกอบด้วยตัวเลือก 4 ตัวเลือก โดย 1 ตัวเลือก จะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 2 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือตัวลวงที่แสดงแนวคิดที่ คลาดเคลื่อน เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยตัวเลือกที่ 4 จะเป็นเหตุผลอื่นๆ ซึ่งจะเว้นช่องว่าง ให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบตามแนวคิดของตนเองในกรณีที่นักเรียนมีแนวคิดหรือเหตุผล ที่แตกต่างไปจากตัวเลือกที่กำหนดให้

ส่วนที่ 4 (C_R-tier) คือ ระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบ ประกอบด้วย 2 ตัวเลือก คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

การเลือกคำตอบ

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X หน้าตัวเลือก ก. ข. หรือ ค. ที่นักเรียนคิดว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในช่องแสดงระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถามตามความมั่นใจในคำตอบของนักเรียน

ส่วนที่ 3 ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X หน้าตัวเลือก 1. 2. หรือ 3. ที่นักเรียนคิดว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด หรือทำเครื่องหมาย X หน้าตัวเลือก 4. พร้อมทั้งเขียนแสดงเหตุผลของคำตอบตามความเข้าใจของนักเรียนในกรณีที่นักเรียนมีแนวคิดหรือเหตุผลที่แตกต่างไปจากตัวเลือกที่กำหนดให้

ส่วนที่ 4 ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในช่องแสดงระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบตามความมั่นใจในคำตอบของนักเรียน

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ

เนื่องจากแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่เป็นแบบทดสอบวินิจัยเพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ของนักเรียน ดังนั้นจึงไม่กำหนดระยะเวลาในการทดสอบ

เกณฑ์การกำหนดรหัสแนวคิด

เนื่องจากแบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ฉบับนี้ในแต่ละข้อคำถามจะประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนั้นเกณฑ์การกำหนดรหัสจึงกำหนดเป็น 4 รหัสดังนี้

ส่วนที่ 1 คำตอบของคำถาม (A-tier)

ถ้านักเรียนตอบถูก ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนตอบผิด ให้รหัส 0

ส่วนที่ 2 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน A-tier

ถ้านักเรียนมั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 0

ส่วนที่ 3 เหตุผลของคำตอบ (R-tier)

ถ้านักเรียนตอบถูก ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนตอบผิด ให้รหัส 0

หมายเหตุ ในส่วนที่ 3 จะประกอบด้วย 4 ตัวเลือก โดยตัวเลือกที่ 4 จะเว้นช่องว่างให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลตามแนวคิดของตนเองในกรณีที่นักเรียนมีแนวคิดหรือเหตุผลที่แตกต่างไปจากตัวเลือกที่กำหนดให้ ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณาเหตุผลของนักเรียนดังนี้

ถ้านักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์หรือถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบไม่ถูกต้องทั้งหมดหรือไม่ถูกต้องบางส่วน
ให้รหัส 0

ส่วนที่ 4 ระดับความมั่นใจในคำตอบส่วน R-tier

ถ้านักเรียนมั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 1

ถ้านักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบ ให้รหัส 0

ดังนั้นลักษณะคำตอบของนักเรียนจะแบ่งเป็น 16 ลักษณะ

ลักษณะที่	ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3	ส่วนที่ 4	รหัส (Code)
1	1	1	1	1	1111
2	1	1	1	0	1110
3	1	1	0	1	1101
4	1	1	0	0	1100
5	1	0	1	1	1011
6	1	0	1	0	1010
7	1	0	0	1	1001
8	1	0	0	0	1000
9	0	1	1	1	0111
10	0	1	1	0	0110
11	0	1	0	1	0101
12	0	1	0	0	0100
13	0	0	1	1	0011
14	0	0	1	0	0010
15	0	0	0	1	0001
16	0	0	0	0	0000

เกณฑ์การจัดกลุ่มรหัสแนวคิด

เมื่อกำหนดรหัสแนวคิดแล้วจึงจัดกลุ่มรหัสแนวคิดของนักเรียน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้
กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ถูกต้อง ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบถูกต้องทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) และมีความมั่นใจในคำตอบทั้งในส่วนคำตอบของคำถามและส่วนเหตุผลของคำตอบ ซึ่งได้แก่ รหัส 1111

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มของนักเรียนที่ขาดความมั่นใจในความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่ตนเองมีแม้ว่านักเรียนจะตอบข้อคำถามถูกต้อง ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบถูกต้องทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) แต่ไม่มีความมั่นใจในคำตอบ

ในส่วนคำตอบของคำถามและ/หรือส่วนของเหตุผลของคำตอบ ซึ่งได้แก่ รหัส 1110, 1011 และ 1010

กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือ กลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แฉวง วิทยาศาสตร์ให้การยอมรับ ซึ่งพิจารณาจากการที่นักเรียนตอบผิดและมีความมั่นใจในคำตอบในส่วน คำตอบของคำถาม (A-tier) และ/หรือส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ซึ่งได้แก่ รหัส 1101, 1001, 0111, 0110, 0101, 0100 และ 0001

กลุ่มที่ 4 คือ กลุ่มของนักเรียนที่ขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ คือกลุ่มของ นักเรียนที่มีความรู้ในเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ไม่เพียงพอที่จะนำความรู้ที่มีนั้นมาตอบคำถามได้ซึ่ง พิจารณาจากการที่นักเรียนตอบผิดและไม่มีความมั่นใจในคำตอบในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และ/หรือส่วนของเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ซึ่งได้แก่ รหัส 1100, 1000, 0011, 0010 และ 0000 ซึ่งจัดกลุ่มรหัสได้ตามตาราง

ลักษณะที่	รหัส (Code)	กลุ่มแนวคิด
1	1111	แนวคิดที่ถูกต้อง
2	1110	ขาดความมั่นใจ
3	1101	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
4	1100	ขาดความรู้
5	1011	ขาดความมั่นใจ
6	1010	ขาดความมั่นใจ
7	1001	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
8	1000	ขาดความรู้
9	0111	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
10	0110	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
11	0101	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
12	0100	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
13	0011	ขาดความรู้
14	0010	ขาดความรู้
15	0001	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
16	0000	ขาดความรู้

เมื่อจัดกลุ่มรหัสแนวคิดแล้วจึงหาผลรวมของจำนวนและร้อยละของลักษณะแนวคิดในแต่ละ กลุ่มทั้งแนวคิดถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้ แนวคิดคลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ โดยจำแนกเป็นรายชื่อเพื่อวิเคราะห์ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเป็นอย่างไร ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ข้อ ที่	แนวคิด ถูกต้อง		ขาดความมั่นใจ ในความรู้		แนวคิด คลาดเคลื่อน		ขาดความรู้	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1	66	25.2	21	8.0	127	48.5	48	18.3
2	138	52.7	39	14.9	57	21.8	28	10.7

เมื่อวิเคราะห์จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีลักษณะแนวคิดในแต่ละลักษณะโดยจำแนกเป็นรายข้อแล้ว จึงทำการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนทั้งกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในแต่ละมโนคติโดยจำแนกเป็นรายข้อ โดยมีเกณฑ์ในการวิเคราะห์ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ข้อที่ X	คำตอบ												
	ก1	ก2	ก3	ก4	ข1	ข2	ข3	ข4	ค1	ค2	ค3	ค4	รวม
จำนวน นักเรียนที่มี แนวคิด คลาดเคลื่อน	5	56	9	0	5	12	36	0	0	0	3	1	127
จำนวน นักเรียนที่ ขาดความรู้	6	16	1	0	2	1	14	0	0	3	5	0	48
รวม	11	72	10	0	7	13	50	0	0	3	8	1	175

โดย ก1 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ก และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 1
 ก2 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ก และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 2
 ก3 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ก และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 3
 ก4 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ก และเลือกแสดงเหตุผลของคำตอบเอง
 ข1 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ข และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 1
 ข2 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ข และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 2
 ข3 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ข และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 3
 ข4 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ข และเลือกแสดงเหตุผลของคำตอบเอง
 ค1 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ค และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 1
 ค2 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ค และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 2
 ค3 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ค และเลือกเหตุผลของคำตอบข้อ 3
 ค4 หมายถึง นักเรียนเลือกคำตอบของคำถามข้อ ค และเลือกแสดงเหตุผลของคำตอบเอง

จากตารางจะพบว่านักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ส่วนใหญ่เลือกตอบ ก2 และ ข3 มากที่สุดตามลำดับ ดังนั้นจึงนำคำตอบดังกล่าวมาพิจารณาวิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ของนักเรียนต่อไป





ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวสุพรรณษา หอมฤทธิ์
วัน เดือน ปีเกิด	29 กรกฎาคม 2531
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	10 หมู่ 1 ตำบลสระแจง อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี 16130
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	ครูผู้ช่วย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนวัดป่าสะแก อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2550	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสิงห์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี
พ.ศ. 2554	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร (เกียรตินิยมอันดับ 2) จากมหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2559	ปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ