

การศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้ แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น

THE STUDY OF MISCONCEPTIONS AND LACK OF KNOWLEDGE ABOUT FORCE
AND LAWS OF MOTION OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN
SINGBURI PROVINCE USING FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST

ผู้วิจัย

สุพรรณษา หอมฤทธิ¹

Supansa Homrit

supansa_homrit@hotmail.com

ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมool²

Dr.ChaninanPruekpramool

บทคัดย่อ

แนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมายของผู้เรียน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบแนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดสิงห์บุรีวิเคราะห์ตามขนาดของโรงเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ในจังหวัดสิงห์บุรี ซึ่งเรียนเนื้อหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่เสร็จสิ้นแล้วในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 262 คนซึ่งจะได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งชั้นตามขนาดของโรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก จำนวน 103, 91 และ 68 คนตามลำดับแนวคิดเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย 8 มโนมติ ได้แก่ 1) แรง 2) การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน 3) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน 4) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน 5) กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน 6) น้ำหนัก 7) กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน และ 8) แรงเสียดทาน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นผลการวิจัยพบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดสิงห์บุรีที่ได้เรียนรู้เนื้อหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วยังมี

แนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในเรื่องดังกล่าวอยู่และเมื่อทำการเปรียบเทียบตามขนาดโรงเรียนพบว่านักเรียนแต่ละขนาดโรงเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น แรงและกฎการเคลื่อนที่ แนวคิดคลาดเคลื่อน การขาดความรู้

ABSTRACT

Misconceptions and lack of knowledge in Science concepts have affected on students' meaningful learning of science. The purposes of this research were to study and compare misconceptions and lack of knowledge about force and laws of motion of upper secondary school students in Sing Buri province analyzing comparatively on the size of the schools. The samples used in this study were 262 10th grade students who were studying emphasizing in Science and Mathematics areas. These students had already studied about force and laws of motion in the second semester of academic year 2014. Stratified random sampling was applied to this research related to the size of the schools which were; 103 students from extra large-size school, 91 students

¹นิสิตระดับมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²อาจารย์ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

from medium-size schools and 68 students from a small-size schools, respectively. There were 8 concepts about force and laws of motion used in this research 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. The research instrument used in this study was a four-tier diagnostics test developed by researcher. The results revealed that students had misconceptions and lack of knowledge in all concepts of force and laws of motion. Besides, comparing to the size of schools, the result found that students from each size of the schools had different misconceptions and lack of knowledge about force and laws of motion at the level of statistical significance .05

Keywords : Four-Tier Diagnostic Test, Force and Laws of Motion, Misconceptions, Lack of Knowledge

บทนำ

ในโลกแห่งการเปลี่ยนแปลงในยุคปัจจุบันทุกประเทศรวมทั้งประเทศไทยต่างมีภาวะการแข่งขันที่สูงขึ้นเพื่อก้าวไปสู่ความเจริญก้าวหน้าและเป็นผู้นำในด้านต่างๆ ซึ่งการที่ประเทศไทยจะเจริญก้าวหน้าและมีความสามารถในการแข่งขันกับประเทศต่างๆ ได้นั้นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการพัฒนาของประเทศ คือ ทรัพยากรมนุษย์ที่จะต้องได้รับการพัฒนาให้เป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถ ซึ่งเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ได้นั้นคือ การศึกษา แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ประเทศไทยยังมีปัญหาด้านคุณภาพการศึกษา เมื่อพิจารณาการเรียนรู้อันของเด็กไทยพบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาพรวมลดลงและต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2554 : 8) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทาง

การศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test หรือ O-NET) พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั้งประเทศตั้งแต่ปีการศึกษา 2551-2555 อยู่ในช่วง 27.90-33.70 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). 2556: ออนไลน์) ซึ่งถือว่าไม่อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบระดับนานาชาติ ได้แก่ Programme for International Student Assessment (PISA) พบว่า นักเรียนไทยกว่าครึ่งหนึ่งมีการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ต่ำกว่าระดับพื้นฐานตามเกณฑ์ของ PISA นอกจากนี้จากผลการทดสอบ Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) พบว่านักเรียนไทยมากกว่าครึ่งหนึ่งมีความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ไม่ถึงขั้นกลาง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2552:12-17) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาคุณภาพการศึกษาของไทยโดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นแรงขับเคลื่อนที่สำคัญสำหรับการพัฒนาประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2554 : (6))

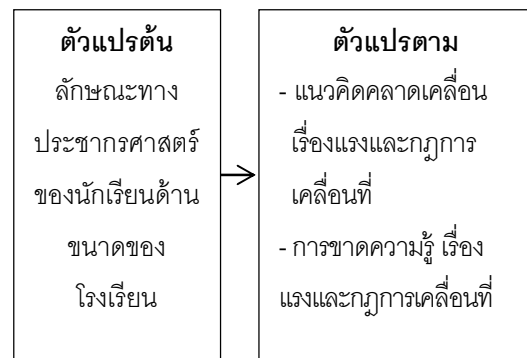
เมื่อพิจารณาจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เนื้อหาวิชาของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้แบ่งออกเป็น 8 สาระ ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2554 ในวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า มาตรฐานที่ควรปรับปรุงเร่งด่วนมากที่สุด คือ มาตรฐาน ว 4.1 และมาตรฐาน ว 4.2 ซึ่งอยู่ในสาระเรื่องแรงและการเคลื่อนที่เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยระดับสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานต่ำกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ (สำนักทดสอบทางการศึกษา. 2555: ไม่ปรากฏเลขหน้า) ทั้งนี้เนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่นั้นเป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ในระดับที่สูงขึ้น (Panprueksa. 2012:275; Turker. 2005: 5) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่าง

ยี่ที่จะต้องศึกษาและแก้ปัญหาการเรียนรู้นักเรียนในเรื่องดังกล่าว

ซึ่งจากการศึกษาผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2555 วิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของนักเรียนแต่ละจังหวัดทั่วประเทศ (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). 2556: ออนไลน์) และผู้วิจัยได้ทำการเรียงลำดับร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละจังหวัดที่ได้คะแนนการทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศจากสูงไปต่ำพบว่า จังหวัดสิงห์บุรีมีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าหรือเท่ากับขีดจำกัดล่างของคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศร้อยละ 37.32 และอยู่ในอันดับที่ 61 ของประเทศ ซึ่งถือว่าค่อนข้างรั้งท้ายเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่นๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาปัญหาการเรียนรู้นักเรียน แนวคิดคลาดเคลื่อน และการขาดความรู้เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดสิงห์บุรีจำแนกตามขนาดของโรงเรียน โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทั้งนี้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเป็นแบบทดสอบที่พัฒนาจากแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นและแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น เนื่องจากข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น คือไม่สามารถแยกได้ว่าที่นักเรียนตอบผิดนั้นมาจากนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือที่นักเรียนขาดความรู้ อีกทั้งไม่สามารถแยกได้ว่าที่นักเรียนตอบถูกนั้นมาจากนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องหรือเกิดจากการเดาคำตอบ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น โดยเพิ่มในส่วนของระดับความมั่นใจในคำตอบของนักเรียน แต่อย่างไรก็ตามแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นก็ยังมีข้อจำกัด คือการวัดระดับความมั่นใจในคำตอบของนักเรียนเป็นการวัดทั้งในส่วน of คำตอบของคำถาม (ส่วนที่ 1) และส่วนของเหตุผลของคำตอบ (ส่วนที่ 2) ซึ่งไม่ชัดเจนเพียงพอถ้านักเรียนมี

ระดับความมั่นใจทั้งสองส่วนแตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนของคำตอบของคำถาม ส่วนของระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถามส่วนของเหตุผลของคำตอบ และส่วนของระดับความมั่นใจในเหตุผลของคำตอบ ทั้งนี้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเป็นแบบทดสอบที่สามารถวัดแนวคิดในการเรียนรู้ได้ทั้งแนวคิดที่ถูกต้อง (นักเรียนตอบถูกและมั่นใจในคำตอบ) การขาดความมั่นใจในความรู้ (นักเรียนตอบถูกแต่ไม่มั่นใจในคำตอบ) แนวคิดคลาดเคลื่อน (นักเรียนตอบผิดและมั่นใจในคำตอบ) และการขาดความรู้ (นักเรียนตอบผิดแต่ไม่มั่นใจในคำตอบ) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรอบความคิดในการวิจัย



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น
2. เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดสิงห์บุรีตามขนาดของโรงเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่ศึกษาในปีการศึกษา 2557 ในจังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 617 คน

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ซึ่งได้เรียนรู้เนื้อหาเรื่องแรง และกฎการเคลื่อนที่เสริจสิ้นแล้วในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 262 คน (คำนวณจากสูตรของ TaroYamane กำหนดระดับความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง 5%) โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ตามขนาดของโรงเรียน คือ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 103 คน โรงเรียนขนาดกลาง 89 คน และโรงเรียนขนาดเล็ก 70 คน ตามสัดส่วนจำนวนประชากรในแต่ละขนาดของโรงเรียน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของนักเรียนด้านขนาดของโรงเรียน ซึ่งได้แบ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ โรงเรียนขนาดกลางและโรงเรียนขนาดเล็ก

ตัวแปรตาม คือ แนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

4.1 ศึกษาปัญหาด้านผลการเรียนรู้วิชา วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากผลการทดสอบทั้งในระดับชาติและนานาชาติ และสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชา ฟิสิกส์ของโรงเรียนต่างๆ ในจังหวัดสิงห์บุรีเกี่ยวกับ ลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียน

4.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน ลักษณะและการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้ แนวคิดรวบยอดและแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

4.3 กำหนดเนื้อหาและความรู้เชิงประพจน์ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งเนื้อหาเรื่องแรง และกฎการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย 8 มโนมติ ได้แก่

มโนมติที่ 1 เรื่อง แรง

มโนมติที่ 2 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกัน

มโนมติที่ 3 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน

มโนมติที่ 4 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

มโนมติที่ 5 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน

มโนมติที่ 6 เรื่อง น้ำหนัก

มโนมติที่ 7 เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

มโนมติที่ 8 เรื่อง แรงเสียดทาน

4.4 สร้างแผนผังความคิดเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

4.5 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบดังกล่าวจากนั้นจึงนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้ว จำนวน 120 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ ได้แก่ ค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.34-0.78 ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.26-0.84 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ $KR 20 = 0.89$

4.6 นำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ได้รับการพัฒนามีประสิทธิภาพแล้วไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ของนักเรียนในเรื่องดังกล่าว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ประกอบด้วยข้อคำถาม 40 ข้อ โดยแต่ละข้อแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 (A-tier) คือ คำตอบของคำถาม ประกอบด้วย 3 ตัวเลือกโดย 1 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 2 ตัวเลือกจะเป็นตัวลวงซึ่งแสดงแนวคิดคลาดเคลื่อน

ส่วนที่ 2 (C_A -tier) คือ ระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถามประกอบด้วย 2 ระดับ คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ

ส่วนที่ 3 (R-tier) คือ เหตุผลของคำตอบ ประกอบด้วย 4 ตัวเลือกโดย 1 ตัวเลือกจะเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 3 ตัวเลือกจะเป็นตัวลวงซึ่งแสดงแนวคิดคลาดเคลื่อน โดยตัวเลือกที่ 4 จะเว้นที่ว่างให้นักเรียนเขียนตอบเหตุผลเองในกรณีที่นักเรียนมีเหตุผลแตกต่างไปจากเหตุผลที่ระบุไว้ในตัวเลือก

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

ทั้งนี้ตัวลวงซึ่งแสดงแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ได้มาจากการสัมภาษณ์และทดสอบนักเรียนที่เรียนเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้ว โดยใช้แบบทดสอบเพื่อสำรวจความเข้าใจในแนวคิด

แบบทดสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่เป็นแบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพได้รับการประเมินตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.34-0.78 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.26-0.84 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.86

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วผู้วิจัยจะทำการกำหนดรหัสแนวคิดจากคำตอบของนักเรียน โดยมีเกณฑ์การกำหนดรหัสดังตาราง 1

ตาราง 1 เกณฑ์การกำหนดรหัสแนวคิดจากคำตอบของนักเรียน

ส่วน	รหัส	รหัส	รหัส	รหัส
A-tier	ตอบถูก	1	ตอบผิด	0
C_A -tier	มั่นใจ	1	ไม่มั่นใจ	0
R-tier	ตอบถูก	1	ตอบผิด	0
C_R -tier	มั่นใจ	1	ไม่มั่นใจ	0

ซึ่งเมื่อทำการกำหนดรหัสแล้วจะได้รหัสแนวคิดทั้งหมด 16 ลักษณะ ได้แก่ 1111, 1110, 1101, 1100, 1011, 1010, 1001, 1000, 0111, 0110, 0101, 0100, 0011, 0010, 0001 และ 0000

จากนั้นจึงทำการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดที่ถูกต้องหมายถึงนักเรียนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่แวดวงวิทยาศาสตร์ให้การยอมรับซึ่งพิจารณาจากนักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) และมีความมั่นใจในคำตอบทั้งสองส่วน ได้แก่ รหัส 1111

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มของนักเรียนที่ขาดความมั่นใจในความรู้หมายถึงนักเรียนมีความรู้ที่ถูกต้องแต่ไม่มั่นใจในความรู้ที่ตนเองมี ซึ่งพิจารณาจากนักเรียนตอบถูกทั้งในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) แต่ไม่มีความมั่นใจในคำตอบในส่วน A-tier และ/หรือส่วน R-tier ได้แก่ รหัส 1110, 1011 และ 1010

กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนหมายถึงนักเรียนมีแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่แวดวงวิทยาศาสตร์ให้การยอมรับซึ่งพิจารณาจากนักเรียนตอบผิดและมีความมั่นใจในคำตอบในส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และ/หรือส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ได้แก่ รหัส 1101, 1001, 0111, 0110, 0101, 0100 และ 0001

กลุ่มที่ 4 คือ กลุ่มของนักเรียนที่ขาดความรู้หมายถึง นักเรียนมีความรู้ไม่เพียงพอที่จะตอบคำถามได้ ดังนั้นคำตอบของนักเรียนจึงเกิดจากการเดาซึ่งพิจารณาจากนักเรียนตอบผิดและไม่มีความมั่นใจในคำตอบใน

ส่วนคำตอบของคำถาม (A-tier) และ/หรือส่วนเหตุผลของคำตอบ (R-tier) ได้แก่ รหัส 1100, 1000, 0011, 0010 และ 0000 ทั้งนี้เกณฑ์การกำหนดรหัสและการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดนี้ได้รับการประเมินตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว และมีค่าความเชื่อมั่นในการจัดกลุ่มรหัสแนวคิดเท่ากับ 0.91

2. จากนั้นจึงคำนวณหาจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดตามกลุ่มต่างๆ ทั้ง 4 กลุ่ม โดยจำแนกเป็นรายชื่อเพื่อพิจารณาว่าในแต่ละข้อคำถามนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มใดและทำการวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและกลุ่มขาดความรู้โดยจำแนกเป็นรายชื่อ เพื่อพิจารณาว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ตามรายมโนมิตีอย่างไร

3. นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและกลุ่มขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ตามขนาดของโรงเรียนโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ของขนาดโรงเรียนด้วยวิธีเซฟเฟ (Scheffe's Method)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและกลุ่มขาดความรู้โดยจำแนกเป็นรายชื่อ พบว่า นักเรียนในจังหวัดสิงห์บุรีมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ทั้ง 8 มโนมิตี ดังนี้

มโนมิตีที่ 1 นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ ตัวอย่างเช่น แรงลัพธ์ คือ ค่าเฉลี่ยของแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุ และหน่วยของแรงในระบบ SI คือ เมตร/วินาที เพราะแรงทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นระยะทาง (เมตร) ในเวลา (วินาที)

มโนมิตีที่ 2 นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ ตัวอย่างเช่นการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการสร้างรูปสามเหลี่ยมและรูป

สี่เหลี่ยมด้านขนานให้นำแรงสองแรงมาต่อกันโดยไม่ต้องคำนึงถึงทิศทางของแรง และการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันโดยการคำนวณจะต้องทำการแตกแรงที่ไม่ได้อยู่ในแนวแกน X และ Y ให้อยู่ในแนวแกน X และ Y เสียก่อน แล้วจึงหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเฉพาะผลบวกของแรงทั้งหมดที่กระทำกับวัตถุในแนวแกน x เท่านั้น

มโนมิตีที่ 3 นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ ตัวอย่างเช่นวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว แสดงว่าขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุจะมีค่าเท่ากับความเร็วของวัตถุนั้น และวัตถุที่หยุดนิ่งแสดงว่าขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากไม่มีแรงใดๆ มากระทำกับวัตถุ

มโนมิตีที่ 4 นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ ตัวอย่างเช่นมวล คือ น้ำหนักของวัตถุและหน่วยของมวลในระบบ SI คือ นิวตัน

มโนมิตีที่ 5 นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ ตัวอย่างเช่นแรงปฏิกิริยามีทิศเดียวกับแรงกิริยาแต่มีขนาดน้อยกว่าเนื่องจากมีแรงเสียดทานเข้ามาเกี่ยวข้อง และแรงกิริยากับแรงปฏิกิริยาเป็นแรงภายนอกที่มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้ามกัน โดยแรงทั้งสองกระทำกับวัตถุก่อนเดียวกันทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุเป็นศูนย์

มโนมิตีที่ 6 นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ ตัวอย่างเช่นน้ำหนักมีค่าแปรผกผันกับค่าความเร่งสนามโน้มถ่วงและน้ำหนักมีค่าคงตัวไม่ขึ้นอยู่กับค่าความเร่งสนามโน้มถ่วง

มโนมิตีที่ 7 นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ ตัวอย่างเช่นตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน แรงดึงดูดระหว่างมวลมีค่าขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุทั้งสองเท่านั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุทั้งสอง และตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันวัตถุที่อยู่ห่างกันยังมีแรงดึงดูดระหว่างมวลกระทำต่อกันมากเพื่อไม่ให้วัตถุหลุดออกจากกัน

มโนมิตีที่ 8 นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ ตัวอย่างเช่นแรงเสียดทานมีทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุและแรงเสียดทานสถิตเป็นแรงที่ต้าน

การเคลื่อนที่ของวัตถุในขณะทีวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ทั้งนี้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ตามขนาดของโรงเรียน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 2 และตาราง 3

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของจำนวนนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2893.520	2	1446.760	35.638*	.000*
Within Groups	10514.438	259	40.596		
Total	13407.958	261			

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยจำนวนนักเรียนกลุ่มที่ขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	617.767	2	308.883	7.897*	.001
Within Groups	7666.474	196	39.115		
Total	8284.241	198			

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ของจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของโรงเรียนขนาดต่างๆ ด้วยวิธีเซฟเฟ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 4 และตาราง 5 ตาราง 4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ของจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ด้วยวิธีเซฟเฟ

(I) ขนาดของโรงเรียน	(J) ขนาดของโรงเรียน	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Bound	
					Lower	Upper
ใหญ่พิเศษ	กลาง	-4.985*	.917	.000	-7.24	-2.73
	เล็ก	-8.137*	.996	.000	-10.59	-5.69
กลาง	ใหญ่พิเศษ	4.985*	.917	.000	2.73	7.24
	เล็ก	-3.152*	1.021	.009	-5.67	-.64
เล็ก	ใหญ่พิเศษ	8.137*	.996	.000	5.69	10.59
	กลาง	3.152*	1.021	.009	.64	5.67

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ของจำนวนนักเรียนที่ขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ด้วยวิธีเซฟเฟ

(I) ขนาดของโรงเรียน	(J) ขนาดของโรงเรียน	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ใหญ่พิเศษ	กลาง	-1.856	1.186	.296	-4.78	1.07
	เล็ก	-4.704*	1.246	.001	-7.78	-1.63
กลาง	ใหญ่พิเศษ	1.856	1.186	.296	-1.07	4.78
	เล็ก	-2.848*	1.003	.019	-5.32	-.38
เล็ก	ใหญ่พิเศษ	4.704*	1.246	.001	1.63	7.78
	กลาง	2.848*	1.003	.019	.38	5.32

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและกลุ่มขาดความรู้พบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ทุกมโนมติ โดยเฉพาะมโนมติที่ 2 เรื่องการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมกันมโนมติที่ 3 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน มโนมติที่ 4 เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันมโนมติที่ 7 เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน และมโนมติที่ 8 เรื่อง แรงเสียดทานนอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนกลุ่มที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและกลุ่มขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ตามขนาดของโรงเรียน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวพบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนนักเรียนของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ของจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของโรงเรียนขนาดต่างๆ ด้วยวิธีเซฟเฟ (ผลดังตาราง 5) พบว่า โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษมีค่าเฉลี่ยของจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนแตกต่างจากโรงเรียนขนาดกลางและขนาดเล็กและโรงเรียนขนาดกลางมีค่าเฉลี่ยของจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนแตกต่างจากโรงเรียนขนาดเล็กอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ของจำนวนนักเรียนที่ขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของโรงเรียนขนาดต่างๆ ด้วยวิธีเซฟเฟ (ผลดังตาราง 6) พบว่า โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษมีค่าเฉลี่ยของจำนวนนักเรียนที่ขาดความรู้แตกต่างจากโรงเรียนขนาดเล็กแต่ไม่แตกต่างจากโรงเรียนขนาดกลาง และโรงเรียนขนาดกลางมีค่าเฉลี่ยของจำนวนนักเรียนที่ขาดความรู้แตกต่างจากโรงเรียนขนาดเล็กอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนในโรงเรียนขนาดต่างกันมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและขาดความรู้ต่างกัน

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดสิงห์บุรี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ พบว่า นักเรียนยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้ในเรื่องดังกล่าวทั้ง 8 มโนมติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขจรศักดิ์ บั้วระพันธ์ และ เพ็ญจันทร์ ชิงห์. (2550). ที่ได้ทำการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ จำนวน 48 เรื่อง พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าว

อยู่มาก รวมทั้งงานวิจัยของ Panprueksa. (2012) ที่ศึกษาความเข้าใจในแนวคิดและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจในแนวคิดเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องในเรื่องดังกล่าวเพียงร้อยละ 30 และนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในหลายมโนคติทั้งนี้อาจเนื่องมาจากก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีแนวคิดเดิมที่หลากหลายซึ่งมาจากความรู้และประสบการณ์เดิมและเป็นแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และหลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนไม่ได้ปรับเปลี่ยนแนวคิดคลาดเคลื่อนให้เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และเพ็ญจันทร์ ชิงห์.2550: 49; Demirci. 2005 : 46). รวมทั้งนักเรียนอาจจะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม โดยใช้การสอนที่เน้นความรู้ ความจำ (Hancer; & Durkan. 2008 : 49). อย่างไรก็ตาม ปัญหาแนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนเป็นปัญหาสำคัญที่ควรได้รับการแก้ไขเพื่อให้ นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง เนื่องจากเนื้อหาดังกล่าวเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ในระดับที่สูงขึ้นไป

2. นอกจากนี้จากการเปรียบเทียบแนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดสิงห์บุรีตามขนาดของโรงเรียนนั้น พบว่า โรงเรียนขนาดเล็กมีจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและขาดความรู้มากกว่าโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่พิเศษ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนในแต่ละขนาดโรงเรียนมีความรู้เดิมที่แตกต่างกัน ซึ่งถ้าความรู้เดิมของนักเรียนเป็นความรู้ที่ไม่ถูกต้องก็จะส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นจึงจำเป็นที่ครูจะต้องสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนก่อนจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมและเปลี่ยนแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนให้เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง

(ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และเพ็ญจันทร์ ชิงห์.2550 : 50) อย่างไรก็ตามจากการศึกษางานวิจัยของ ศรีญญา รณศิริ. (2550) ที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์หรือรายละเอียดของครูผู้สอนใน 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ได้ทำการวิเคราะห์ความรู้และทักษะพื้นฐานที่ต้องมีก่อนเรียนของนักเรียนพบว่า ร้อยละของครูผู้สอนในโรงเรียนขนาดใหญ่มีการวิเคราะห์ความรู้และทักษะพื้นฐานที่ต้องมีก่อนเรียนของนักเรียนมากกว่าโรงเรียนขนาดกลางและขนาดเล็กตามลำดับ

ทั้งนี้ในการศึกษาความเข้าใจในแนวคิดและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนนั้นมีวิธีการและเครื่องมือที่หลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์ การใช้คำถามปลายเปิด การใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Dindar; & Geban. 2011: 600) แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น (Turker.2005:2) อย่างไรก็ตามวิธีการและเครื่องมือต่างๆ ย่อมมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน กล่าวคือ การสัมภาษณ์จะได้ข้อมูลในเชิงลึกแต่จะใช้เวลานานและไม่สามารถใช้วัดกับนักเรียนกลุ่มใหญ่ได้ (Turker.2005:1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบสามารถวัดได้ครอบคลุมเนื้อหา ความเป็นปรนัยสูง ตรวจให้คะแนนง่ายและรวดเร็ว (พิชิต ฤทธิ์จัญญ. 2555: 133) แต่แบบทดสอบแบบเลือกตอบขั้นเดียวมีข้อจำกัด คือไม่สามารถแยกคำตอบที่ถูกต้องจากเหตุผลที่ถูกต้องออกจากเหตุผลที่ไม่ถูกต้องได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น แต่แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นก็มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถแยกคำตอบที่ถูกต้องจากความเข้าใจที่ถูกต้องออกจากคำตอบที่ถูกต้องจากการเดาได้ รวมทั้งไม่สามารถแยกคำตอบที่ผิดจากการขาดความรู้ได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น โดยมีการเพิ่มในส่วนขอระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถามและเหตุผลของคำตอบ อย่างไรก็ตามแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นก็มีข้อจำกัด คือไม่มีความ

ชัดเจนเพียงพอแก่นักเรียนมีระดับความมั่นใจในคำตอบของคำถามและเหตุผลของคำตอบแตกต่างกัน (Caleon; &Subramaniam. 2010: 314-315) ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่สามารถวัดแนวคิดของนักเรียนได้ละเอียดชัดเจนทั้งแนวคิดถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้แนวคิดคลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยพบว่าข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นคือ การวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบรูปแบบนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายและนักเรียนไม่คุ้นเคยกับการทำแบบทดสอบลักษณะดังกล่าวจึงอาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในการทำแบบทดสอบ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ครูผู้ซึ่งจะนำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นไปวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนจะต้องศึกษาทำความเข้าใจและอธิบายนักเรียนให้ชัดเจน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดสิงห์บุรียังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและขาดความรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะโรงเรียนขนาดเล็ก ดังนั้นผลการวิจัยจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการหาแนวทางเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นพื้นฐานให้การเรียนรู้ของนักเรียนในระดับที่สูงขึ้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นที่พัฒนาขึ้นอาจนำไปใช้สำรวจแนวคิดเดิมของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ นำไปสู่การออกแบบการจัดการเรียนรู้และการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. สามารถนำแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ได้รับการสร้างและพัฒนาจนมีประสิทธิภาพแล้วไปสร้างเป็นแบบทดสอบใน

ลักษณะของแบบทดสอบที่วัดและประเมินผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งจะช่วยให้การวัดและประเมินผลเพื่อวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นไปได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

2. แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเป็นแบบทดสอบที่สามารถวัดแนวคิดของนักเรียนได้ละเอียดชัดเจนทั้งแนวคิดถูกต้อง การขาดความมั่นใจในความรู้แนวคิดคลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ ดังนั้นจึงสามารถเป็นแนวทางในการสร้างเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นในเนื้อหาวิชาอื่นๆ หรือระดับชั้นอื่นๆ เพื่อศึกษาแนวคิดของนักเรียนได้

บรรณานุกรม

- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์; และ เพ็ญจันทร์ ชิงห์. (2550). **แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่**. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์. 22(3), 49-63.
- พิชิต ฤทธิ์ จรูญ. (2555). **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา**. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: ธีรภัฏออฟฟิศคอมมิสท์.
- ศรัญญารณศิริ. (2550). **การวิเคราะห์สภาพการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ค.ม. (วิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2556). **ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินำพื้นฐาน (O-NET)**. แหล่งที่เข้าถึง :<http://www.niets.or.th>. [21/06/2556]
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). **คุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนไทยสังเคราะห์การประเมินผลนักเรียนนานาชาติ [พีซ่า]PISA 2006 และ [ทิมสส]TIMSS 2007**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- _____ . (2554). **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สกสศ. ลาดพร้าว.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (2555-2559)**. กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด.
- สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). (2556). **คะแนนผลการทดสอบ O-NET ช่วงชั้นที่ 4 (ม.6) จำนวน 8 กลุ่มสาระวิชาของสถานศึกษาระดับขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2555**. แหล่งที่เข้าถึง: <http://www.onesqa.or.th/onesqa/th/download/?DownloadGroup=121>. [10/07/2556]
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2555). **มาตรฐานที่ควรปรับปรุงเร่งด่วนของแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ในภาพรวมของสังกัด) จากผลการทดสอบ O-NET ปีการศึกษา 2554**. แหล่งที่เข้าถึง: <http://bet.obec.go.th/index/bet/886>. : [03/07/2556]
- Caleon, I.S.; &Subramaniam, R. (2010). Do Students Know What They Know and What They Don't Know? Using a Four-Tier Diagnostic Test to Assess the Nature of Students' Alternative Conceptions. Res Sci Educ. 2010 (40), 313-337.
- Demirci, N. (2005). A Study about Students' Misconceptions in Force and Motion Concepts by Incorporating a Web-Assisted Physics Program. The Turkish Online Journal of Educational Technology, 4(3), 40-48.
- Dindar, A.C.; &Geban, O. (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.
- Hancer, A.H.; &Durkan, N. (2008). Turkish Pupils Understanding of Physical : Force And Movement. World Applied Sciences Journal, 3(1), 45-50.

- Panprueksa, K. (2012). Thai Students' Conceptual Understanding on Force and Motion. 2012 International Conference on Education and Management Innovation, 30, 275-279.
- Turker, F. (2005). Developing a Three-Tier Test to Assess High School Students' Misconceptions Concerning Force and Motion. Degree of Master of Science. (Secondary School Science and Mathematics Education).