



วารสารอิเล็กทรอนิกส์
ทางการศึกษา

OJED, Vol. 12, No. 1, 2017, pp. 139 - 154

OJED

An Online Journal
of Education
<http://www.edu.chula.ac.th/ojed>

ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา
และมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

EFFECTS OF CONCEPTUAL PROBLEM SOLVING APPROACH ON PROBLEM SOLVING ABILITY
AND PHYSICS CONCEPTS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

นางสาว พณนิดา มิ่งมิตร *

Pannida Mingmit

อ.ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา **

Sairoong Saowsupa, Ph.D.

อ.ดร.วรากร เฮ้งปัญญา ***

Varagorn Hengpanya, Ph.D

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป 3) ศึกษาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์และ 4) เปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 101 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 49 คน และกลุ่มควบคุม 52 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่มีค่าความเที่ยง 0.877 และ 2) แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่มีค่าความเที่ยง 0.779 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบที ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 62.44 ซึ่งสูงกว่าที่กำหนดไว้ร้อยละ 60 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 3) ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 70.12 ซึ่งสูงกว่าที่กำหนดไว้ร้อยละ 70 4) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

* นิสิตมหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: Jiwlan@hotmail.com

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: Sairoon.S@chula.ac.th

ISSN1905-4491

Abstract

This study was a quasi-experimental research aimed to 1) study ghd ability in problem solving of an experimental group that learned through instruction using a conceptual problem solving approach, 2) compare the problem solving ability of students between groups learning by using the conceptual problem solving approach and conventional instruction, 3) study the physics concepts of the experimental group after learning physics by using the conceptual problem solving approach instruction and 4) compare the physics concepts between groups learning by using the conceptual problem solving approach and those learning with conventional instruction. The samples were two classes of Mathayom Suksa four of a large-sized school under the Office of the Basic Education Commission of Thailand, Bangkok, in the first semester of academic year 2016. One class of 49 students was chosen as the experimental group and another class of 52 students was chosen as the control group. The research instruments were 1) a problem solving ability test with a reliability of 0.877, and 2) a physics concepts test with a reliability of 0.779. The collected data were analyzed by using arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation and t-test. The research findings were summarized as follows: 1) the percentage of problem solving ability mean score of the experimental group was 62.44 higher than the criterion score set at 60 percent; 2) the experimental group's mean scores in the posttest in problem solving ability were higher than the control group's posttest scores at a .05 level of significance.; 3) the percentage of physics concepts mean score of the experimental group was 70.12 higher than the criterion score set at 70 percent; and 4) Tte experimental group's mean scores in the posttest in physics concepts were higher than the control group's posttest scores at a .05 level of significance.

คำสำคัญ: แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์/ ความสามารถในการแก้ปัญหา/ มโนทัศน์ฟิสิกส์

KEYWORDS: CONCEPTUAL PROBLEM SOLVING APPROACH/ PROBLEM SOLVING ABILITY/ PHYSICS CONCEPTS

บทนำ

การศึกษาวิทยาศาสตร์มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบุคคลให้มีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ มีจิตวิทยาศาสตร์ สามารถคิดดำเนินชีวิตและปกป้องสังคมได้ โดยบุคคลที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ เป็นบุคคลที่มีความตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม เข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติโดยอาศัยมโนทัศน์และหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญในการอธิบายปรากฏการณ์ และสามารถตัดสินใจโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีคิดที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์เพื่อบุคคลและสังคมด้วยความรับผิดชอบได้ (AAAS, 2013) และสำหรับการศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนั้น การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้กำหนดความมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และ

การแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย ด้วยความมุ่งมั่นดังกล่าวก่อให้เกิดสมรรถนะที่สำคัญ 5 ประการ คือ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

เมื่อพิจารณาสภาพปัญหาการศึกษาวิทยาศาสตร์จากผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ของโครงการ PISA พบว่า ตั้งแต่ PISA 2000, 2003, 2006, 2009 และ 2012 นักเรียนไทยส่วนใหญ่ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 500 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มต่ำ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) เช่นเดียวกับผลการเปรียบเทียบคะแนนทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (O-NET) วิชาวิทยาศาสตร์ ระหว่างปีการศึกษา 2556 - 2558 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่าได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 30.48, 32.54 และ 33.40 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 เช่นเดียวกับผลการทดสอบความถนัดทางวิชาชีพและวิชาการ หรือ PAT ในส่วนของความถนัดทางด้านวิทยาศาสตร์ (PAT 2) เมื่อพิจารณาสัดส่วนของการออกข้อสอบในวิชาฟิสิกส์พบว่า เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ มีสัดส่วนการออกข้อสอบเป็นลำดับที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 8.00 รองจากเรื่องการเคลื่อนที่ 1 มิติ พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 เช่นกัน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559)

เมื่อพิจารณาในสาระฟิสิกส์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจทางฟิสิกส์อย่างแท้จริง การทำข้อสอบอาศัยวิธีการท่องจำสูตรและตัวอย่างโจทย์ปัญหา ซึ่งเห็นได้จากการที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี แต่กลับมีคะแนนผลการทดสอบในระดับชาติไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่งผลต่อพื้นฐานความรู้ในการศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัย ซึ่งสอดคล้องกับข้อสรุปจากการเสวนาทางวิชาการของนักการศึกษาทางฟิสิกส์ว่า ปัญหาการเรียนการสอนฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษาส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนมีพื้นฐานทางฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถติดตามและทำความเข้าใจเนื้อหาในระดับที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้ (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551) จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยกำลังประสบปัญหาในด้านของความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหานั้น ถือเป็นหนึ่งในสองเป้าหมายสำคัญของการเรียนฟิสิกส์ นอกเหนือจากการทำความเข้าใจแนวคิดฟิสิกส์พื้นฐาน (Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. 2010) อย่างไรก็ตามปัญหาของนักเรียนในการเรียนรู้ในสาระฟิสิกส์ดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นกับนักเรียนไทยเท่านั้น จากรายงานปัญหาการเรียนรู้อิสิกส์ของนักการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการมีระดับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา และกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ไม่เพียงพอ (Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. 1981)

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการสอนที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์นั้น การเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงโน้ตค้น เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน (Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. 2015) ซึ่งแนวทางการสอนนี้ได้รับการพัฒนาโดย Docktor และคณะ นักการศึกษาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยอิลลินอย สหรัฐอเมริกา โดย

การพัฒนาที่มีความมุ่งหมายที่จะแก้ปัญหาการขาดความเข้าใจในมโนทัศน์พื้นฐานสำหรับแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ และการบูรณาการมโนทัศน์เข้ากับการแก้ปัญหา ซึ่งในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนนั้น นักเรียนจะได้คำตอบในเชิงปริมาณออกมา แต่ไม่ได้สนใจแนวคิดหรือวิธีการได้มาซึ่งคำตอบ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ได้ไม่มากเท่าที่ควร และจากการศึกษางานวิจัยพบว่า การทำความเข้าใจเงื่อนไขของการนำหลักการที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการแก้ปัญหา เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจสิ่งเหล่านี้ในระหว่างการเรียนรู้การสอน

แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ เป็นแนวการสอนสำหรับการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่มีความยืดหยุ่นสามารถปรับใช้ได้กับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิธีการสอนและสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการและความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน (Mestre, J. P., Docktor, J. L., Strand, N. E., & Ross, B. H. 2011) โดยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น ถูกดัดแปลงมาจากกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพซึ่งใช้ในระดับอุดมศึกษาจากงานวิจัยของ Leonard, W. J., Dufresne, R. J., & Mestre, J. P. (1996) และพัฒนาให้เข้ากับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยรูปแบบของการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ 1) ส่วนหลักการ (Principle) เป็นส่วนของการระบุหลักการหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 2) ส่วนของการให้เหตุผล (Justification) เป็นการนำหลักการ หรือมโนทัศน์ที่ระบุไว้ในส่วนแรก มาใช้อธิบายวิธีการและเหตุผลในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา และ 3) ส่วนของแผนการ (Plan) เป็นส่วนของการวางแผนในการแก้ปัญหา ซึ่งในส่วนนี้จะระบุขั้นตอน วิธีการและสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น โดยในส่วนของการดำเนินการแก้ปัญหานั้น จะจัดรูปแบบการแก้ปัญหออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์หนึ่งจะแสดงการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และอีกคอลัมน์หนึ่งจะแสดงสมการและขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหา

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะเห็นว่าแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น ส่งผลให้นักเรียนสามารถเผชิญสถานการณ์ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ เริ่มต้นจากการระบุมโนทัศน์หลักที่เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา วิเคราะห์ปัญหาและเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่ระบุเพื่อนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา วางแผนหาแนวทางในการแก้ปัญหาและแก้ปัญหตามแผนการที่กำหนดไว้ ตรวจสอบและประเมินคำตอบที่ได้ หลังจากการแก้ปัญหานั้น ด้วยองค์ประกอบและขั้นตอนต่าง ๆ ของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะเห็นว่านอกจากความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์แล้ว ยังส่งผลให้นักเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ จากในส่วนของการให้เหตุผลที่ให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปัญหา และอธิบายการนำมโนทัศน์นั้นไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา อันจะพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ที่สูงขึ้น

ดังนั้นเมื่อพิจารณาความสำคัญของปัญหา และเอกสารงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์จะช่วยส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ให้มีความน่าสนใจยิ่งขึ้น ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงศึกษา ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ในเรื่องที่เรียนและเกิดการเรียนรู้ในกระบวนการการแก้ปัญหา สามารถประยุกต์ใช้การแก้ปัญหานี้เข้ากับการแก้ปัญหาใน

สถานการณ์ทั่วไป เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีทักษะทางสังคม ตลอดจนการบรรลุเป้าหมายทางการศึกษา วิทยาศาสตร์ต่อไป

คำถามวิจัย

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียน อย่างไร และจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปหรือไม่ อย่างไร
2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์จะมีมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียน อย่างไร และจะมีมโนทัศน์ฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป
3. เพื่อศึกษามโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
4. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 60
2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนร้อยละ 70
4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์สูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. **แนวทางการแก้ปัญหาเชิงโมทัศน์** หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบสืบสอบ 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำ 2) ขั้นกิจกรรม และ 3) ขั้นสรุป ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา โดยผสานขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., and Ross, B. H. (2015) ลงในขั้นกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนของการตรวจสอบโมทัศน์ เป็นส่วนของการทบทวนกฎ หลักการและมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา

ส่วนที่ 2 ส่วนของการให้เหตุผล เป็นส่วนของการวิเคราะห์เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กับปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องวิเคราะห์ว่ามโนทัศน์นั้นสามารถนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างไร

ส่วนที่ 3 ส่วนของแผนการแก้ปัญหา เป็นส่วนของการกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา และปฏิบัติการแก้ปัญหานั้น ในส่วนนี้ นักเรียนจะพิจารณาว่าเงื่อนไขที่ปัญหาให้มาคืออะไร วิเคราะห์ปัญหาออกมาเป็นรูปภาพหรือคำพูดของตนเอง จากนั้นเลือกใช้กฎ หลักการ หรือสมการที่มีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา หาค่าของตัวแปรไม่ทราบค่าที่ระบุในปัญหา จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่เลือกและสรุปความรู้จากคำตอบโดยการเชื่อมโยงคำตอบกับปัญหานั้น

โดยในขั้นตอนการแก้ปัญหานี้ นักเรียนจะจัดรูปแบบการแก้ปัญหามาออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์หนึ่งจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และอีกคอลัมน์หนึ่งจะเป็นส่วนของสมการและขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหาในคอลัมน์ทางซ้าย

2. **การเรียนการสอนแบบทั่วไป** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นนำ คือ ขั้นกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอน

2.2 ขั้นกิจกรรม คือ ขั้นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียน โดยผ่านการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เช่นการบรรยาย อภิปราย การสืบค้นข้อมูล หรือการแก้โจทย์ปัญหาแบบดั้งเดิม เป็นต้น

2.3 ขั้นสรุป คือ ขั้นการเชื่อมโยงเนื้อหาที่ได้จากขั้นกิจกรรม ไปสู่ข้อสรุปเป็นมโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียน และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

3. **ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาแบบมีโครงสร้างและกึ่งโครงสร้าง ตามเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหามาของ Docktor, J. L. (2009) ได้แก่ 1) ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) 2) แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach) 3) การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics) 4) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures) 5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression) ซึ่งเกณฑ์การประเมินทั้ง 5 ข้อ สามารถจำแนกได้เป็น 2 องค์ประกอบ ดังนี้

1. มโนทัศน์ ได้แก่ ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) และแนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach)

2. การแก้ปัญหา ได้แก่ การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures) และความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression)

ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบวัดอัตนัย ซึ่งมีค่าคะแนนสูงสุดอยู่ที่ 250 คะแนน

4. มโนทัศน์ฟิสิกส์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความคิดหลักของเนื้อหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ รวมถึงการนำมโนทัศน์นั้นไปอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งวัดได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยปรับตามแนวคิดของ Odom, A. L., & Kelly, P. V. (2001) เป็นแบบวัดปรนัย 4 ตัวเลือก ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามเพื่อแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบของคำถามในส่วนที่ 1

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) มีรูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Posttest Only Design สำหรับความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ ส่วนของมโนทัศน์ฟิสิกส์ เป็น Two Group Pretest-Posttest Design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการเลือกแบบหลายขั้นตอน โดยนำค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ กลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของนักเรียนแต่ละห้องมาทดสอบค่าความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 1 คู่ จากนั้นจึงทำการทดสอบภายหลัง (post hoc test) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์กลางภาคของแต่ละห้องเรียน โดยการเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise Comparisons) ใช้สถิติทดสอบของ Dunnett's T3 พบว่า ห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมี 16 คู่ กำหนดห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง 1 คู่ และกำหนดห้องเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ ดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบวัดอัตนัยเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา ตามเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของ Docktor, J. L. (2009) แบ่งการวัดออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของการแก้ปัญหาและส่วนของมโนทัศน์ในการแก้ปัญหา โดยมีจำนวนข้อคำถาม 10 ข้อ โดยมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.877 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.50-0.68 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.80 การตรวจสอบความตรงและความเหมาะสมของแบบวัด โดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ที่ 1.0 หลังจากนั้นได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างวิจัย เพื่อปรับความเหมาะสมของการใช้ภาษา

2) แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ เป็นแบบวัดปรนัย 4 ตัวเลือก ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ส่วน จำนวน 10 ข้อ เนื้อหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ เพื่อให้นักเรียนนามโนทัศน์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ไปอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนเรียนมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.779 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.41-0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.26-0.58 และแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.746 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.41-0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23-0.54 การตรวจสอบความตรงและความเหมาะสมของแบบวัด โดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียนอยู่ระหว่าง 0.67-1.0 หลังจากนั้นได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างการวิจัย เพื่อปรับความเหมาะสมของการใช้ภาษา

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป จำนวน 6 แผน ใช้เวลาในการสอน คือ 18 คาบเรียน คาบละ 50 นาที ซึ่งตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง โดยมีการทดสอบมโนทัศน์ก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากนั้นแนะนำวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์ และวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

3.2 การดำเนินการทดลองสอน ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และดำเนินการสอนกลุ่มควบคุมด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทั่วไป โดยดำเนินการสอนเป็นระยะเวลารวม 18 คาบ คาบละ 50 นาที

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดมโนทัศน์ เมื่อดำเนินการสอนครบทุกทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว จากนั้นนำคะแนนก่อนเรียนที่ได้จากแบบ

วัดมโนทัศน์และคะแนนหลังเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดมโนทัศน์ มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาค่าสถิติสำเร็จรูปดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการวัดออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของความสามารถในการแก้ปัญหาและส่วนของมโนทัศน์ในการแก้ปัญหา

1.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละเลขคณิต ($\bar{x}_{\%}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที ($t - test$) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์

1.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละเลขคณิต ($\bar{x}_{\%}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) ของคะแนนมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที ($t - test$) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้แบ่งการวัดออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของการแก้ปัญหาและส่วนของมโนทัศน์ โดยพิจารณาจากผลคะแนนซึ่งได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ กับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 156.10 คะแนนจากคะแนนเต็ม 250 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 62.44 ซึ่งสูงกว่าที่กำหนดไว้คือร้อยละ 60 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของ Docktor, J. L. (2009) ซึ่งสามารถแบ่งองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ สำหรับในส่วนของการแก้ปัญหานั้นพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 123.28 คะแนนจากคะแนนเต็ม 150 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 82.19 ซึ่งสูงกว่าที่กำหนดไว้คือร้อยละ 60 และพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เท่ากับ 32.83 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 32.83 ซึ่งต่ำกว่าที่กำหนดไว้คือร้อยละ 60

2. เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับ 156.10 คะแนน ซึ่งสูงกว่า กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปที่มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับ 131.20 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่า ในส่วนของการแก้ปัญหา นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 82.19 ซึ่งสูงกว่า กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 79.67 แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้วไม่พบความแตกต่างทางสถิติของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม และพบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 32.83 ซึ่งสูงกว่า กลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของมโนทัศน์เท่ากับ 11.68 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์ฟิสิกส์

มโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนพิจารณาจากคะแนนซึ่งได้จากแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ เป็นปรนัย 4 ตัวเลือก ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ส่วน จำนวน 10 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นคะแนนรวมคิดเป็น 20 คะแนน โดยทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ กับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่า 9.64 คะแนนและ 14.02 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 48.2 และ 70.12 ตามลำดับ โดยคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 พบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2. เปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับ 70.12 ซึ่งสูงกว่า กลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับ 51.65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับร้อยละ 62.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 60

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับร้อยละ 70.12 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์สูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบดังกล่าวยังส่งเสริมการนำมโนทัศน์ในเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ไปอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งการอภิปรายผลการทดลองนี้ผู้วิจัยแบ่งเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ 1) ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ และ 2) ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

1. ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย และเมื่อพิจารณาเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหของ Docktor, J. L. (2009) สามารถแบ่งองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของการแก้ปัญหาและส่วนของมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ในส่วนของความสามารถในการแก้ปัญหาและส่วนของมโนทัศน์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาสูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปทั้งสองส่วน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Leonard, W. J., Dufresne, R. J., & Mestre, J. P. (1996) ที่พบว่า นักศึกษากลุ่มที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ มีความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ที่สูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้วิธีการแบบดั้งเดิม และงานวิจัยของ Mualem, R., & Eylon, B. S. (2010) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงคุณภาพสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากงานวิจัยของ Chuchuer, O., & Dachakupt, P. (2012) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงคุณภาพสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยในประเด็นนี้ จะแบ่งการอภิปรายออกเป็น 2 ประเด็น ตามองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา ได้แก่ ประเด็นที่ 1 การแก้ปัญหา และประเด็นที่ 2 มโนทัศน์

การแก้ปัญหา

ในวิธีการของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีขั้นตอนสำหรับการแก้ปัญหาที่เป็นระบบโดยระบุไว้อย่างชัดเจนในส่วนที่ 3 คือ ส่วนของแผนการ (Plan) ซึ่งเป็นส่วนของการวางแผนในการแก้ปัญหา โดยในส่วนนี้จะระบุขั้นตอน วิธีการและสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น ซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้ดำเนินการแก้ปัญหา โดยจัดรูปแบบการแก้ปัญหออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาจะเป็นส่วนของสมการและขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหาในคอลัมน์ทางซ้าย จากวิธีการดังกล่าวนี้จะทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนการวางแผนการแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะทราบขั้นตอนที่ต้องกระทำในขั้นถัดไป ควบคู่ไปกับวิธีการที่แสดงถึงการแก้ปัญหา ผ่านรูปแบบการแก้ปัญหา 2 คอลัมน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น เมื่อพิจารณาในส่วนของขั้นตอนการแก้ปัญหา ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้นมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาในส่วนของการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2015) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ โดยทำการเปรียบเทียบห้องที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับห้องที่เรียนด้วยวิธีการการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม จากการสัมภาษณ์ครูที่นำแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ไปใช้พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์มีคะแนนมโนทัศน์และการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่เรียนวิธีการการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ในองค์ประกอบที่เป็นการแก้ปัญหานักเรียนทั้งสองกลุ่มแล้ว ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามประเด็นดังนี้

ประเด็นที่ 1 จากการประเมินผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่ Mestre, J. P., Docktor, J. L., Strand, N. E., & Ross, B. H. (2011) และ Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2015) ได้ระบุไว้ว่า แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ แบ่งการประเมินเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การทดสอบมโนทัศน์และส่วนที่ 2 การทดสอบการแก้ปัญหา โดยส่วนการทดสอบการแก้ปัญหาในรายการของการแก้ปัญหา (Problem Solving) นั้น เป็นการประเมินการแก้ปัญหา รวมทั้งประเมินวิธีการเข้าถึงหลักการหรือแนวคิดและสมการที่ใช้ของนักเรียน ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิมที่นักเรียนคุ้นเคยอยู่แล้ว

ประเด็นที่ 2 เมื่อพิจารณาในส่วนของลักษณะปัญหานั้น ลักษณะของปัญหาที่พบ เป็นปัญหาแบบมีโครงสร้างและกึ่งโครงสร้าง ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับปัญหาที่นักเรียนพบในหนังสือเรียนและแบบฝึกหัดต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม สามารถฝึกฝนการแก้ปัญหาในลักษณะดังกล่าวได้จากใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดต่าง ๆ ในห้องเรียน โดยมีครูเป็นผู้แนะนำเกี่ยวกับความถูกต้องและกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของตนเอง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาในครั้งต่อไป ซึ่งลักษณะของปัญหาทั้งสองมีจุดมุ่งหมาย คือการฝึกฝนการแก้ปัญหา การวิเคราะห์สถานการณ์และการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pol, H. (2009) ที่กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของปัญหาฟิสิกส์ แบบมีโครงสร้างและแบบกึ่งโครงสร้างไว้ดังนี้ ปัญหาแบบมีโครงสร้าง (Structured Problems) จุดมุ่งหมายของปัญหาประเภทนี้ คือการฝึกฝนการแก้ปัญหาในเบื้องต้น หรือใช้ยกตัวอย่างประกอบการอธิบายกฎ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ และปัญหาแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Problems)

จุดมุ่งหมายของปัญหาประเภทนี้ คือการเรียนรู้การวิเคราะห์สถานการณ์ที่เป็นปัญหาและหาวิธีการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่มีอยู่ เป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

มโนทัศน์

จากผลการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่เมื่อพิจารณาคะแนนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มพบว่า คะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาที่เป็นมโนทัศน์นั้น พบว่า คะแนนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมต่ำกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการทดลองใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัย 10 ข้อ โดยในแต่ละข้อจะเป็นการกำหนดสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้ให้นักเรียนวิเคราะห์และตอบปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ทั้งในเชิงปริมาณที่เป็นการคำนวณหาตัวแปรไม่ทราบค่าจากปัญหา และเชิงคุณภาพที่เป็นการตอบคำถามในส่วนของมโนทัศน์ที่ใช้ และการนำมาโน้มนำไปอธิบายสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน โดยการเลือกห้องเรียนที่ใช้ทดลองนั้นเป็นการเลือกห้องเรียนแบบเจาะจง และเป็นนักเรียนที่เรียนและคุ้นเคยกับเนื้อหาเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อีกทั้งอาจเป็นนักเรียนที่มีวุฒิภาวะสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ระยะเวลาในการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่นำไปทดลองใช้แบบวัดนั้น น้อยกว่าเวลาที่กำหนดไว้ในแบบวัด โดยเฉลี่ยเวลาในการทำแบบวัดอยู่ที่ประมาณ 60-75 นาที และเมื่อนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามาทดลองใช้จริงในการเก็บข้อมูล พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถทำแบบวัดได้ครบทุกข้อตามเวลาที่กำหนดไว้ โดยนักเรียนจะเลือกทำในส่วนที่เป็นการแก้ปัญหาเชิงปริมาณซึ่งได้คำตอบเป็นตัวเลखออกมา จึงส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบที่เป็นมโนทัศน์ ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

2. ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้นช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนากำหนดมโนทัศน์ที่จำเป็นพื้นฐานไปอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ โดยในกลุ่มนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุม พบว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นตามสมมติฐานการวิจัย สามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนทบทวนมโนทัศน์พื้นฐานที่สำคัญและให้เหตุผลเกี่ยวกับมโนทัศน์นั้น ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นส่วนหนึ่งในวิธีการของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ ได้แก่ ส่วนที่ 1 ส่วนหลักการ (Principle) ซึ่งเป็นส่วนของการระบุหลักการหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และ ส่วนที่ 2 ส่วนของการให้เหตุผล (Justification) ซึ่งเป็นการอธิบายว่า หลักการหรือมโนทัศน์ที่ระบุไว้ในส่วนแรก สามารถนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างไร จากทั้งสองส่วนที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะส่งผลให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์พื้นฐานที่สำคัญในเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ที่นักเรียนสามารถสังเกตและพบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน ผ่านเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวนักเรียน ประกอบกับข้อสังเกตที่ได้จากงานวิจัยซึ่งพบว่า ใน

ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น นักเรียนได้ทบทวนมโนทัศน์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้จริงในชีวิตประจำวัน ได้แก่ สถานการณ์การหยุดรถอย่างกะทันหัน ก่อนการแก้ปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์นั้นๆ นักเรียนจะทบทวนมโนทัศน์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันระหว่างเพื่อนนักเรียนด้วยกันเอง และครูจะเป็นผู้ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์นั้นเข้ากับกระบวนการแก้ปัญหา จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในมโนทัศน์เรื่องนั้นๆ และสามารถนำมโนทัศน์เรื่องนั้นๆ มาอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mualem, R., & Eylon, B. S. (2010) ที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ พบว่า ภายหลังจากได้รับการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพแล้ว นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงคุณภาพหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังจากการสัมภาษณ์นักเรียนในระยะเวลา 6 เดือนต่อจากนั้นพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการนำแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ไปทดลองใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนการสอนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ได้ เนื่องจากขั้นตอนของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์มีแบบแผนและขั้นตอนที่ชัดเจน อีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นสูง สามารถนำไปปรับใช้เข้ากับรูปแบบการสอนใดก็ได้ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดการจัดการเรียนการสอน ครูสามารถนำแนวทางดังกล่าวไปใช้ โดยมีการเตรียมตัวในด้านเนื้อหาและตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่มีความหลากหลายและมีเงื่อนไขที่แตกต่างเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในระหว่างขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ นักเรียนมีการฝึกฝนการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้กลวิธีต่างๆ มาช่วยในการสื่อสารสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปข้อความให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น ได้แก่ การวาดภาพ การเปลี่ยนข้อความให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ตัวแปรต่าง ๆ อีกทั้งนักเรียนยังอธิบายเชื่อมโยงมโนทัศน์พื้นฐานที่จำเป็นเพื่อนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ อันได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงตรรกะ ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาตัวแปรดังกล่าว

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET)*. สืบค้นจาก <http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/Login.aspx>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง*. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

สมาคมฟิสิกส์ไทย. (2551). เวลาเปลี่ยน คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน ช่างกระไร ใครหนอใครทำ? (ผลการเรียนฟิสิกส์ ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระบบการรับเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย). *วารสารฟิสิกส์ไทย*, 25(3).

ภาษาอังกฤษ

AAAS. (2013). Science for All Americans: Education for a changing future. Retrieved from <http://www.project2061.org/publications/sfaa/>

Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and Representation Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science*, 5(2), 121 - 152.

Chuchuer, O., & Dachakupt, P. (2012). Effect of Physics Instruction Using Strategic Knowledge Construction of Problem Solving Ability And Concepts Of Momentum And Impulse of Upper Secondary School Students. *Online Journal of Education*, 7(1).

Docktor, J. L. (2009). *Development and Validation of a Physics Problem-Solving Assessment Rubric* (Doctor of Philosophy), University of Minnesota.

Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2010). *A conceptual approach to physics problem solving*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.

Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2015). Conceptual problem solving in high school physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 11(2).

Leonard, W. J., Dufresne, R. J., & Mestre, J. P. (1996). Using qualitative problem-solving strategies to highlight the role of conceptual knowledge in solving problems. *American Journal of Physics*, 64(12), 1495 - 1503.

Mestre, J. P., Docktor, J. L., Strand, N. E., & Ross, B. H. (2011). Conceptual problem solving in physics. *Cognition in education*, 55, 269 - 298.

Mualem, R., & Eylon, B. S. (2010). Junior High School Physics: Using a Qualitative Strategy for Successful Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1094 - 1115.

- Odom, A. L., & Kelly, P. V. (2001). Integrating Concept Mapping and the Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concepts to High School Biology Students. *Science Education*, 85(6), 615 - 635.
- Pol, H. (2009). *Computer Based Instructional Support During Physic Problem Solving: A Case for Student Control*. University of Groningen, Netherlands.