



วารสารอิเล็กทรอนิกส์
ทางการศึกษา

OJED, Vol. 12, No. 1, 2017, pp. 155 - 171

OJED

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

ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

EFFECTS OF A LOGICAL PROBLEM SOLVING STRATEGY TO ENHANCE THE PROBLEM
SOLVING ABILITY AND LEARNING ACHIEVEMENT IN PHYSICS OF UPPER SECONDARY
SCHOOL STUDENTS

นางสาวรมิตา ชื่นเปรมชีพ *

Ramita Chuenpramcheep

อ.ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ **

Pornthep Chantraukrit, Ph.D.

อ.ดร.วรกร เฮงปัญญา ***

Varagorn Hengpunya, Ph.D

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ (2) เพื่อเปรียบเทียบ
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิง
ตรรกะกับนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป (3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียน
กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและ (4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนที่ได้รับการ
เรียนการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียน
มัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6 จังหวัดฉะเชิงเทรา
จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีค่าความเที่ยง
เท่ากับ 0.86 และ (2) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{Percent}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ (1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา 159.07 คะแนน
จากคะแนนเต็ม 200 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 79.53 จัดอยู่ในความสามารถระดับดีและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 24.14 คะแนนจากคะแนน
เต็ม 30 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 80.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
.05

* นิสิตมหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: chuenpramcheep@gmail.com

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: Pomthep.Ch@chula.ac.th

***อาจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: varagorn00@hotmail.com

ISSN1905-4491

Abstract

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were to (1) study the problem solving ability of students after learning physics through the teaching of a logical problem solving strategy, (2) compare the problem solving ability of students between an experimental group that learned the logical problem solving strategy and a control group that learned through a traditional method, (3) study the learning achievement of students after learning physics with a logical problem solving strategy, and (4) compare the learning achievement of students between an experimental group that learned physics with a logical problem solving strategy and a control group that learned physics with a traditional method. The sample were two classes of tenth grade students of an extra-large sized school under the Secondary Educational Service Area Office 6 of the Basic Education Commission of Thailand during the first semester of academic year 2016. The research instruments were the problem solving ability test with reliability at 0.86, and the learning achievement physics test with reliability at 0.80. The collected data was analyzed by arithmetic mean ($\bar{X}$), mean of percentage ($\bar{X}_{ร้อยละ}$), standard deviation (S.D.) and *t*-test.

The research findings were summarized as follows: (1) the experimental group had a mean score for the problem solving ability of 159.07 from a full score of 200, which at 79.53 percent was higher than that criterion set and was considered as good as, and even higher than, the control group at a .05 level of significance; (2) the experimental group had a mean score for the learning achievement in physics at 24.14 from a full score of 30, which at 80.45 percent was higher than the criterion score set of 70 percent and higher than the control group at a .05 level of significance.

คำสำคัญ: กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ/ ความสามารถในการแก้ปัญหา/ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

KEYWORDS: A LOGICAL PROBLEM SOLVING STRATEGY/ PROBLEM SOLVING ABILITY/ LEARNING ACHIEVEMENT IN PHYSICS

บทนำ

การศึกษาในประเทศไทยในช่วงการปฏิรูปการศึกษาทศวรรษที่ 2 (พ.ศ. 2554 -2561) ได้ปฏิรูปการศึกษาและการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ โดยเน้น 3 ประการ 1. พัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษาและการเรียนรู้ของคนไทย 2. เพิ่มโอกาสทางการศึกษาและการเรียนรู้ และ 3. ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนของสังคมในการบริหารและจัดการศึกษา (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2554) เช่นเดียวกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ที่กำหนดแนวทางในการศึกษา เพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทย ให้ก้าวหน้าทัดเทียมนานาชาติ โดยพัฒนาหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอนที่ทันสมัยสอดคล้องกับนโยบายของประเทศและเหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะที่เน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา ตัดสินใจได้โดยใช้เหตุผลและแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับจุดเน้นในการพัฒนาผู้เรียนที่กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดไว้ว่า ผู้เรียนช่วงชั้นมัธยมศึกษา จะต้องมีการแสวงหาความรู้เพื่อแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ใช้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) มีทักษะขั้นสูง ทักษะชีวิต ทักษะการสื่อสารอย่างสร้างสรรค์ ตามช่วงวัย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้ระบุว่า การที่ผู้เรียนจะสามารถพัฒนาตามศักยภาพของแต่ละคนได้ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการเรียนการสอนของผู้สอน ซึ่งต้องจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจ ความถนัดและความแตกต่างของผู้เรียน โดยมีการฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญกับสถานการณ์ (กรมวิชาการ, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับวิชัย วงษ์ใหญ่ (2541: 2) ที่ได้กล่าวว่า นอกจากผู้เรียนจะมีความรู้แล้วจะต้องมีความคิด เป็นบุคคลที่คิดรอบ คืดหลายชั้น คิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ และกระบวนการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันได้ สำหรับในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนสู่สังคม วิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและสามารถตรวจสอบได้ สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม(กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 92) ซึ่งการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเป็นเป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนการสอนของทุกประเทศ (Docktor, 2007: 1)

จากการกำหนดจุดเน้นและเป้าหมาย นโยบายทางการศึกษาของประเทศที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ทราบว่า คุณภาพการศึกษาของประเทศไทยไม่เป็นไปตามจุดเน้นและเป้าหมายที่วางไว้ ทั้งในระดับนานาชาติ และในระดับประเทศ โดยดูจากผลคะแนนสอบโอเน็ต (O-NET) ปี 2558 ซึ่งข้อสอบในวิชาวิทยาศาสตร์ปี

2558 เป็นข้อสอบที่เน้นการแก้ปัญหาโดยการเชื่อมโยงความรู้กับเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยผลคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศอยู่ที่ 33.40 คะแนน ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก (สัมพันธ์ พันธุ์พุกษ์ , 2559) ผลคะแนนเฉลี่ยระดับภูมิภาคพบว่า ในภาคตะวันออกมีผลคะแนนเฉลี่ย 33.75 คะแนน แต่ผลคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรากล้าพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ที่ 31.45 คะแนน จะเห็นว่า มีคะแนนต่ำกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศและระดับภูมิภาค ซึ่งบ่งบอกได้ว่า โรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรากำลังประสบกับปัญหาด้านการศึกษา เช่นเดียวกับการสอบความถนัดทางวิทยาศาสตร์ (PAT 2) ในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งผลคะแนนเฉลี่ยความถนัดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทราอยู่ที่ 61.93 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งประเทศที่มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 76.18 คะแนน (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6, 2559) และผลคะแนนการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA ปี 2015 ซึ่งนักเรียนที่เข้าร่วมการประเมินอยู่ในช่วงอายุ 15 ปี ในการประเมินปี 2015 ได้เน้นการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนถึงร้อยละ 60 ผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศที่เข้าร่วมการประเมินในครั้งนี้ทั้งหมดอยู่ที่ 493 คะแนน โดยนักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์เท่ากับ 421 คะแนน ซึ่งน้อยกว่าคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศที่เข้าร่วมการประเมิน และยังลดลงจากคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยที่เข้าร่วมการประเมิน PISA ในปี 2012 ถึง 23 คะแนน (OECD, 2016) นอกจากคะแนน PISA ปี 2015 แล้ว ยังมีคะแนนที่จัดโดยโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (Trends in International Mathematics and Science Study) ที่นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของประเทศไทยได้เข้าร่วมการทดสอบ พบว่า ในปี 2015 วิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยจัดอยู่ในลำดับที่ 26 จากทั้งหมด 39 ประเทศ มีคะแนนเฉลี่ย 456 คะแนนอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่ากลางที่ TIMSS ได้กำหนดไว้คือ 500 คะแนน โดยมีการระบุว่า นักเรียนไทยมีคะแนนต่ำกว่า 400 คะแนนจำนวนมาก เนื่องมาจากในการทำข้อสอบนักเรียนไทยตอบคำถามได้ไม่ชัดเจน ตอบไม่ตรงคำถาม ตอบคำถามไม่ครบและไม่สามารถเขียนคำอธิบายที่ต้องแสดงประกอบเหตุผลได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) จากรายงานดังกล่าวบ่งบอกว่า ประเทศไทยกำลังประสบปัญหาด้านการศึกษา โดยเฉพาะวิชาในสาขาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา) ที่เป็นสาขาวิชาที่เน้นให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่สมาคมฟิสิกส์ไทยได้ลงไว้ในวารสารเมื่อปี 2551 ว่า การแก้ปัญหาเป็นวิธีการคิดขั้นพื้นฐานที่สามารถเริ่มต้นจากการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551)

ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะกับประเทศไทยเท่านั้น จากผลการศึกษางานวิจัยของ Docktor (2007: 4) ที่รายงานถึงปัญหาการเรียนรู้อิสิกส์ของนักเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า นักเรียน

จำนวนมากไม่สามารถแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ได้ เนื่องมาจากการมีระดับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาและกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถประยุกต์ความรู้และมโนทัศน์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ จึงนำปัญหาที่พบไปศึกษาต่อในด้านความแตกต่างของนักเรียนกลุ่มเก่งและนักเรียนกลุ่มไม่เก่งที่ใช้ความรู้และกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งจะแก้ปัญหาด้วยการมองหาความสัมพันธ์ของตัวแปรและเชื่อมโยงไปสู่สูตรหรือสมการในการหาคำตอบ แต่ นักเรียนกลุ่มไม่เก่งจะเริ่มด้วยการแทนสิ่งที่มีในปัญหาลงในสูตรหรือสมการก่อน โดยเปลี่ยนสูตรหรือสมการไปเรื่อย ๆ จนคิดว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Chi, Feltovich และ Glaser ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีความแตกต่างกันสองกลุ่ม พบว่านักเรียนกลุ่มไม่เก่งเริ่มแก้ปัญหาจากการกำหนดสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบ ในขณะที่นักเรียนกลุ่มเก่งเริ่มแก้ปัญหาจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดและใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่สมการทางคณิตศาสตร์โดยมีการวางแผนและดำเนินการอย่างเป็นระบบ (Chi, Feltovich & Glaser, 1980: 121 - 152)

จากเอกสารและงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษารูปแบบ วิธีการสอนต่าง ๆ ที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยศึกษาการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ (Heller & Heller, 2010) เป็นกลยุทธ์ที่เน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา อภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เพื่อให้รู้ถึงความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวิธีการใช้ความรู้ในปัญหาที่มีเงื่อนไขต่างกันไป ซึ่งต้องมีการวางแผน การลำดับขั้นตอนการใช้ความรู้ การดำเนินการและการประเมินการแก้ปัญหา การนำเอาความรู้ มโนทัศน์ทางฟิสิกส์มาปรับใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมี 5 ขั้นตอนคือ (1) ชื่นเน้นปัญหา (Focus the Problem) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาให้ชัดเจนขึ้นด้วยการอธิบายโดยแผนภาพและข้อมูลที่กำหนดให้ว่า มีสิ่งใดบ้างที่กำหนดและสิ่งใดคือคำตอบที่ต้องการ (2) ชื่นอธิบายทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ตัวแปรต่างๆ ที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า เป็นขั้นตอนที่เปลี่ยนข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้มาจากปัญหาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบ (3) ชื่นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการอธิบายในรูปของสมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ (4) ชื่นดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องหาคำตอบตามสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้วางแผนไว้โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ เพื่อหาคำตอบที่ต้องการและ (5) ชื่นประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตอนที่ต้องประเมินคำตอบโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้มีความถูกต้องในการแก้ปัญหา ดังผลงานวิจัยที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิง

ตรรกะเปรียบเทียบกับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ดีกว่ากลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาแล้วยังส่งผลให้มีการพัฒนาเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย (Huffman, 1997) เช่นเดียวกับผลงานวิจัยของ Gok และ Silay ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับการเรียนการสอนแบบทั่วไปที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Gok & Silay, 2008)

จากขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะสามารถจัดระบบความคิดเพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน ดังนั้นการใช้กลยุทธ์แก้ปัญหาเชิงตรรกะจะช่วยให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนดีขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยจะนำกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเนื้อหาเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่เนื่องจากเป็นเรื่องที่สำคัญและเป็นพื้นฐานในวิชาฟิสิกส์ตามที่ Mehmet, Mehmet และ Bugraham ได้อธิบายว่า แรงและการเคลื่อนที่เป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญที่จะนำไปสู่การอธิบายเรื่องที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นแรงระหว่างคู่มบ์ สนามไฟฟ้า สนามโน้มถ่วง สนามแม่เหล็ก แรงนิวเคลียร์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม หรือโมเมนตัมของการหมุน ซึ่งถือว่าเป็นเรื่องที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน (Mehmet, Mehmet & Bugraham, 2012) และสามารถนำไปประยุกต์กับเรื่องต่าง ๆ เช่น แรงโน้มถ่วง งานพลังงาน นิวเคลียร์ เป็นต้น และไปประยุกต์กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้ เช่น นำไปอธิบายเรื่องการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ ทั้งรถยนต์ เครื่องบิน หรือกีฬาประเภทกระโดดไกล กระโดดข้ามรั้ว เป็นต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบในการวิจัยแบบที่ประกอบด้วย 2 กลุ่ม (Two Groups Posttest Only Design) คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและกลุ่มควบคุมเป็นที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

1. การเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งกำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6 จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่มีการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 2 ห้องเรียน คือ ห้องม.4/4 จำนวน 44 คน และ ม.4/8 จำนวน 46 คน ที่มีผลทางสถิติว่า ทั้ง 2 ห้องไม่มีความแตกต่างกัน ดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์รายคู่ของนักเรียนทั้งหมด 7 ห้องเรียน

ห้องเรียน		ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์รายคู่						
		4/3	4/4	4/5	4/6	4/7	4/8	4/9
4/3	67.36	-	2.20	5.13*	4.32*	4.46*	5.10*	5.19*
4/4	65.16	-	-	2.93*	2.12	2.26	2.90*	2.99*
4/5	62.23	-	-	-	-0.82	-0.67	-0.03	-0.05
4/6	63.04	-	-	-	-	0.14	0.78	0.87
4/7	64.09	-	-	-	-	-	0.64	0.73
4/8	62.26	-	-	-	-	-	-	0.09
4/9	62.17	-	-	-	-	-	-	-

จากตาราง 1 แสดงว่า มีห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งหมด 8 คู่ คือ (1) ห้อง 4/3 กับ 4/5, (2) ห้อง 4/3 กับ 4/6, (3) ห้อง 4/3 กับ 4/7, (4) ห้อง 4/3 กับ 4/8, (5) ห้อง 4/3 กับ 4/9, (6) ห้อง 4/4 กับ 4/5, (7) ห้อง 4/4 กับ 4/8 และ (8) ห้อง 4/4 กับ 4/9

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ ดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่อง แรง มวลและกฎการเคลื่อนที่ จำนวน 7 แผน ใช้เวลาในการสอน 16 คาบเรียน คาบละ 50 นาที ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.5-1.0

2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.2.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นลักษณะอัตนัย แสดงวิธีทำ จำนวน 10 ข้อ โดยครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่องแรง มวลและกฎการเคลื่อนที่ และวัดความสามารถในการแก้ปัญหาตามเกณฑ์แนวคิดของ Docktor, J. L. & Heller, K. L. (2009) ซึ่งประกอบด้วย (1) แนวคิดทางฟิสิกส์ (2) การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย (3) การประยุกต์ใช้ที่เฉพาะของฟิสิกส์ (4) การแก้ปัญหาตามแนวทางคณิตศาสตร์ และ (5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา การตรวจสอบความตรงและความเหมาะสมของแบบวัด ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในช่วง 0.49-0.77 หลังจากนั้นได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 44 คนไม่ใช่วิทยาลิขิต เพื่อปรับความเหมาะสมของการใช้ภาษา

2.2.2 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เป็นลักษณะปรนัย 4 ตัวเลือก ครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่องแรง มวลและกฎการเคลื่อนที่ จำนวน 30 ข้อ โดยวัดตามองค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ Klopfer, L. E. (1971) ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้ การตรวจสอบความตรงและความเหมาะสมของแบบวัด ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในช่วง 0.40-0.75 หลังจากนั้นได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียน 40 คน ซึ่งไม่ใช่ตัวอย่างวิจัย เพื่อปรับความเหมาะสมของการใช้ภาษา

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลกับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลารวม 19 คาบ คาบละ 50 นาที แบ่งเป็นระหว่างการทำทดลอง 16 คาบ และหลังการทำทดลอง 3 คาบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง

เตรียมนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยการแนะนำวิชาเรียนและชี้แจงจุดประสงค์ใน 2 ประเด็นคือ (1) ลักษณะการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและ (2) บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน

3.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและดำเนินการสอนตามแผนการเรียนรู้ที่จัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ทั้งหมด 7 แผน รวมทั้งสิ้น 16 คาบเรียน คาบละ 50 นาที ดังตาราง 2

ตาราง 2 เนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และจำนวนคาบของกิจกรรมการเรียนการสอน

ลำดับแผน	เนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ
1	แรงและแรงลัพธ์	2
2	มวลและน้ำหนัก	2
3	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน	2
4	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน	3
5	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน	2
6	กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	3
7	แรงเสียดทาน	2
รวม		16

3.3 ขั้นหลังการทดลอง

เมื่อจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 16 แผนแล้ว ดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีทั้งหมด 10 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 100 นาทีและดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่มีทั้งหมด 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติสำเร็จรูป ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ วิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{percent}}$) เพื่อนำคะแนนเฉลี่ยร้อยละไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

4.1.2 ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ วิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

4.2.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{percent}}$) เพื่อนำคะแนนเฉลี่ยร้อยละไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

4.2.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t -test) กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน คือ ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละของเลขคณิต ($\bar{X}_{\text{percent}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละของเลขคณิต ($\bar{X}_{\text{percent}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบ (t -test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา		t
	$\bar{X}$	S.D.	
กลุ่มทดลอง	159.07	20.80	79.53
กลุ่มควบคุม	120.07	16.34	60.03

* $P < .05$

จากตาราง 3 พบว่า หลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา 159.07 คะแนนจาก 200 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.53 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70 และกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 120.07 คะแนนจาก 200 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60.03 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาคะแนนในแต่ละส่วนของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาตามเกณฑ์แนวคิดของ Docktor และ Heller ได้แก่ (1) แนวคิดทางฟิสิกส์ (2) การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย (3) การ

ประยุกต์ใช้ที่เฉพาะของฟิสิกส์ (4) การแก้ปัญหาตามแนวทางคณิตศาสตร์ และ (5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งแต่ละเกณฑ์มีคะแนนเต็ม 40 คะแนน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบที (t-test) ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตามเกณฑ์ทั้งหมด 5 เกณฑ์

เกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ใน แบบวัดความสามารถในการ แก้ปัญหา	คะแนน เต็ม	กลุ่มทดลอง (n=44)			กลุ่มควบคุม (n=46)			t
		กลุ่มทดลอง		S.D.	กลุ่มควบคุม		S.D.	
		44)			46)			
		$\bar{x}$	S.		$\bar{x}$	S.		
1. แนวคิดทางฟิสิกส์	40	37.35	3.84	93.38	29.33	6.11	73.33	8.21*
2. การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ ในการอธิบาย	40	35.45	4.45	88.63	28.10	5.76	70.25	7.84*
3. การประยุกต์ที่เฉพาะ ของฟิสิกส์	40	35.83	4.45	89.58	29.30	5.13	73.25	6.97*
4. การแก้ปัญหตามวิธีการ ทางคณิตศาสตร์	40	34.38	4.29	85.95	26.75	5.39	66.88	7.97*
5. ความสมเหตุสมผลของ การแก้ปัญหา	40	31.55	4.77	78.88	23.88	6.48	59.70	6.94

* $P < .05$

จากตาราง 4 แสดงให้เห็นว่า หลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของแนวคิดทางฟิสิกส์ การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ การแก้ปัญหตามแนวทางคณิตศาสตร์และความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาเท่ากับร้อยละ 93.28, 88.63, 89.58, 85.95 และ 78.88 ซึ่งมากกว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนกลุ่มควบคุม ที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 73.33, 70.25, 73.25, 66.88 และ 59.70

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละในแต่ละหัวข้อของความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่ามี 4 เกณฑ์ ได้แก่ แนวคิดทางฟิสิกส์ การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ การแก้ปัญหตามแนวทางคณิตศาสตร์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่เกณฑ์ในเรื่องของความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาไม่มีความแตกต่างกันระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยการค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\%}$) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ แสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\%}$) และค่าทดสอบ (t -test) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์			t
	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	ร้อยละ	
กลุ่มทดลอง	24.14	2.11	80.45	12.54*
กลุ่มควบคุม	13.50	5.33	45.00	

* $P < .05$

จากตาราง 5 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เท่ากับ 24.14 และ 13.50 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 80.45 และ 45.00 ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มทดลองจะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่าร้อยละ 70 เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เป็นแบบสอบที่เน้นด้านพุทธิพิสัยของ Klopfer ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความรู้ความจำ 2 ข้อ (2) ความเข้าใจ 8 ข้อ (3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ข้อ และ (4) การนำไปใช้ 7 ข้อ ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งมีคะแนนเต็ม 2, 8, 13 และ 7 คะแนนตามลำดับ เมื่อนำคะแนนที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 6

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบที (t -test) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตามองค์ประกอบด้านพุทธิพิสัยของ Klopfer

องค์ประกอบด้านพุทธิพิสัยของ Klopfer	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=44)			กลุ่มควบคุม (n=46)			t
		กลุ่มทดลอง	S.D.	44	กลุ่มควบคุม	S.D.	46	
1. ความจำ	3	2.72	0.31	90.67	2.04	0.39	68.00	0.43
2. ความเข้าใจ	10	8.36	0.87	83.60	4.43	1.79	44.30	10.34*
3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	12	9.00	1.12	75.00	4.50	2.01	37.50	13.67*
4. การนำไปใช้	5	4.05	0.75	81.00	2.52	1.33	50.40	7.04*

* $P < .05$

จากตาราง 6 หลังจากทดลอง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละองค์ประกอบเป็นร้อยละ 90.67 83.60 75.00 และ 81.00 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมากกว่ากลุ่มควบคุมที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละแต่ละองค์ประกอบเป็นร้อยละ 68.00 44.30 37.50 และ 50.40

ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งหมด 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความเข้าใจ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์และการนำไปใช้ แต่ด้านความจำไม่มีความแตกต่างกันระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่ม ควบคุม

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้ จำแนกเป็น 2 ประเด็น คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง ฟิสิกส์ และสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมี ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเท่ากับ 79.53 ซึ่งสูงกว่าร้อยละ 70 เกินเกณฑ์ที่กำหนด เป็นไป ตามสมมติฐานข้อที่ 1 และมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการ เรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 แสดงว่าการ จัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ นักเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลต่อไปนี้

ประการที่หนึ่ง ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ ทำให้นักเรียน ได้รับถึงความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เนื่องจากในระหว่างที่มีการจัดการเรียนการสอนใน ห้องเรียน นักเรียนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้กันภายในกลุ่มและมีการตรวจสอบความรู้ที่ได้จากการ อภิปรายกับผู้สอน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ (Heller, P., Keith, R., & Anderson, S., 1992) และนำความรู้ที่ได้ ไปปรับใช้กับปัญหาต่าง ๆ ผ่านทางใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ฝึกฝนตามขั้นตอน โดยเริ่มตั้งแต่การทำความเข้าใจ โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ผ่านทางการวาดภาพ จากนั้นนำไปเชื่อมโยงกับความรู้ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องภายใต้ เงื่อนไขขอบเขตทางฟิสิกส์ ดำเนินการวางแผนแก้ปัญหาตามหลักการคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาและการ วิเคราะห์ความถูกต้อง สมเหตุสมผลของคำตอบของโจทย์ปัญหา เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนด้วย กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ นักเรียนจะได้ทราบถึงความรู้และกระบวนการที่นำความรู้ทางฟิสิกส์มาปรับใช้ กับปัญหาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chi, Feltovich และ Glaser ที่พบว่า นักเรียนที่ สามารถแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ต้องมีความรู้ทางฟิสิกส์และสามารถนำความรู้ดังกล่าวมาใช้ปัญหาใหม่ได้ (Chi, M. T., Feltovich, P. J. & Glaser, R., 1980)

ประการที่สอง นักเรียนได้รับการฝึกฝนในการแก้ปัญหาอยู่ตลอดเวลา โดยมีผู้สอนเป็นผู้ช่วยคอยให้ คำแนะนำ เพื่อที่จะนำไปสู่การทราบถึงจุดเด่นและจุดด้อย แล้วนำจุดเด่นและจุดด้อยนี้ไปปรับใช้และพัฒนา ความสามารถในการแก้ปัญหาของตนเองในลักษณะใหม่ ๆ ต่อไป นอกจากนี้การที่นักเรียนมีการฝึกฝน สม่าเสมอ จะช่วยให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ในปัญหาแต่ละลักษณะควรใช้ ความรู้และกระบวนการแก้ปัญหาอย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ให้ผลการวิจัยว่า การจัดการเรียนการสอน

ด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะสามารถช่วยพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้และกลยุทธ์นี้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อนักเรียนได้รับการฝึกฝนการแก้ปัญหาสม่ำเสมอกับปัญหาในลักษณะที่หลากหลาย โดยมีการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างมีขั้นตอน เริ่มตั้งแต่ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหาและการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา จะส่งผลให้นักเรียนทราบถึงความรู้และกระบวนการในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อนหรือมีลักษณะแตกต่างจากประสบการณ์เดิมของนักเรียนได้ (Pol, H., Harskamp, E. G., Suhre, C. J. M., & Goedhart, M. J., 2008) ซึ่งจะสอดคล้องกับอีกงานวิจัยของ Docktor ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดีกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป เพราะนักเรียนได้ลงมือฝึกฝนการแก้ปัญหาด้วยตนเองเป็นกลุ่ม มีการพูดคุยอภิปรายกันเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และกระบวนการแก้ปัญหาที่ถูกต้องที่นำไปปรับใช้แก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อนหรือมีเงื่อนไขมากขึ้นได้ (Docktor, J. L., 2007)

ประการที่สาม การจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีกิจกรรมระหว่างการเรียนรู้การสอนที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้การแก้ปัญหาในโจทย์ปัญหาที่แตกต่างกันออกไป มีความหลากหลายและสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งปัญหาที่มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันจะช่วยให้นักเรียนมีความสนใจและคิดหาวิธีการวิเคราะห์ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์ปัญหาที่กำหนดให้ด้วยการสร้างแผนภาพ นำไปสู่การสร้างแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์ เพื่อง่ายต่อการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาตามหลักฟิสิกส์อย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งแผนภาพที่วิเคราะห์มาจากปัญหาจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยให้นักเรียนได้เชื่อมโยงเงื่อนไขขอบเขตและตัวแปรต่าง ๆ กับความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาจะขึ้นอยู่กับความรู้ที่นำมาใช้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายที่กล่าวว่า เป็นทฤษฎีที่เชื่อมโยงความรู้ที่พบเห็นกับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของตัวผู้เรียน เน้นการให้ความสำคัญของการเรียนรู้ที่มีความเข้าใจและความหมาย การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่หรือข้อมูลที่ได้อ่านใหม่กับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนอยู่แล้ว การเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับมาจากการที่ผู้สอน อธิบายสิ่งที่ต้องเรียนรู้ให้ทราบและผู้เรียนรับฟังด้วยความเข้าใจ โดยผู้เรียนจะเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนรู้กับโครงสร้างทางปัญญาที่ได้เก็บไว้ในความทรงจำและจะสามารถนำมาใช้ในอนาคต (Heller, K. & P., 2010)

2. ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เท่ากับ 80.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Gok, T. & Silay, I. (2008) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหา

เชิงตรรกะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

สำหรับการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ จะทำให้นักเรียนได้รับความรู้ในเรื่องของหลักการ กฎต่างๆ ทางฟิสิกส์ มีขั้นตอนที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจทางฟิสิกส์มากขึ้น เนื่องจากในระหว่างที่มีการจัดการเรียนการสอนนักเรียนทุกคนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ ข้อเท็จจริง กฎ และหลักการในเนื้อหาทางฟิสิกส์เรื่องนั้น ๆ การอภิปรายจะช่วยให้นักเรียนได้ทราบถึงระดับความรู้ของตนเองและแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน มีการตรวจสอบความรู้ระหว่างนักเรียนด้วยกันและระหว่างนักเรียนกับผู้สอน ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในเนื้อหาฟิสิกส์ เพื่อนำไปใช้ในแต่ละขั้นตอนของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ดียิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีการฝึกให้นักเรียนได้มีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างสม่ำเสมอด้วยลักษณะปัญหาที่หลากหลาย เนื่องจากมีขั้นตอนปัญหาและขั้นตอนอธิบายทางฟิสิกส์ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ทางฟิสิกส์ ได้ฝึกการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่กำหนดให้กับความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะสอดแทรกคำถามเพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบายเหตุผล กฎ หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคำถามที่จะนำไปสู่การค้นหาคำตอบและความเข้าใจในทัศนทางฟิสิกส์ได้ นอกจากนี้ในกิจกรรมมีการให้นักเรียนได้พบกับปัญหาที่มีความหลากหลาย เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกใช้ความรู้ ความเข้าใจ กับเนื้อหาทางฟิสิกส์มาประยุกต์กับปัญหาที่กำหนดให้และส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจและจดจำเนื้อหาเรื่องนั้นได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ในการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะเพื่อเน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ครูผู้สอนควรเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น ทางด้านเนื้อหาที่จะใช้สอนควรเลือกเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับการเรียนการสอน ซึ่งการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์นี้ จุดเด่นคือ การมีปัญหาในลักษณะต่าง ๆ นำมาให้นักเรียนแก้ ผู้สอนควรที่จะคัดเลือกปัญหาในลักษณะต่างๆที่มีความหลากหลายกันออกไปชัดเจนลงไปในใบกิจกรรมที่แจกให้นักเรียน โดยกิจกรรมอาจประกอบไปด้วยคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างแผนภาพและฝึกเชื่อมโยงความรู้ ปรับประยุกต์ใช้แก้ปัญหาเก่ากับปัญหาใหม่ได้ ซึ่งผลการวิจัยจะพบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ต่ำที่สุดคือ คะแนนในเรื่องของการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของนักเรียน ดังนั้น ในระหว่างที่มีการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนควรตรวจสอบนักเรียนในเรื่องนี้มากขึ้น เพื่อเป็นส่วนช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาได้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง ตั้งแต่ขั้นตอนในการประยุกต์ใช้ที่เฉพาะของฟิสิกส์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนวางแผนดำเนินการหาคำตอบอย่างเป็นระบบ โดยการกำหนดสูตรหรือสมการที่จะใช้ในการแก้ปัญหา และการแทนค่าตัวแปร เมื่อคะแนนในส่วนนี้ต่ำก็ส่งผลให้คะแนนในส่วนของการแก้ปัญหาและการตรวจสอบคำตอบต่ำลงไปด้วย นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากการที่ไม่ได้ระบุเงื่อนไขขอบเขตของเนื้อหาทางฟิสิกส์ที่ชัดเจนในการทำวิจัย เพราะการระบุให้ชัดเจนจะช่วยให้ นักเรียนมองเห็นภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรศึกษาเกี่ยวกับสมเหตุที่ทำให้ นักเรียนไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบและกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของฟิสิกส์ให้ชัดเจน เพื่อนำไปสู่แนวทางในการช่วยเหลือให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเฉพาะส่วนนี้ดีขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมวิชาการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: ศุภสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *จุดเน้นการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน*. สืบค้นจาก

<http://www.moe.go.th/websm/2010/oct/364.html>.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2541). “โรงเรียนพัฒนากระบวนการคิด (Thinking School)”. *วารสารศึกษาศาสตร์ ประจำเดือน พฤศจิกายน-ธันวาคม*, 21, 2 - 48.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การพัฒนาทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหา*. สืบค้นจาก <http://physics.ipst.ac.th/?p=3606>.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *ผลการวิจัย TIMSS 2015*. สืบค้นจาก <https://drive.google.com/file/d/0BzZeMiTwrcRJTHY3NEc4cmI DRVU/view>.

สมาคมฟิสิกส์ไทย. (2551). *เวลาเปลี่ยน..คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน..ช่างกระไร ใครหนอใครทำ? (ผลการเรียน ฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระบบการรับเข้าศึกษามหาวิทยาลัย)*. *วารสารฟิสิกส์ไทย ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 ประจำเดือนกันยายน-พฤศจิกายน*.

สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์. (2559). *เฉลี่ยโอเน็ตม.6 ทุกวิชาไม่ถึงครึ่ง ร.ร.มหิดลฯ ชีวเข้มบ่เฉลี่ยสูงสุดทุกวิชา*. สืบค้นจาก <http://campus.sanook.com/1381037/>.

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6. (2559). *ภาพรวมผลคะแนนสอบความถนัด GAT-PAT ของ โรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6*. สืบค้นจาก <http://www.admissionpremium.com/news/793>.

สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). *นโยบายหลักเพื่อขับเคลื่อนการปฏิรูปการศึกษา ในทศวรรษที่สอง (พ.ศ.2554 - 2561)*. สืบค้นจาก http://e-library.onecapps.org/Home/Index/1?Page_No=3.

ภาษาอังกฤษ

- Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1980). Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science* (Vol. 5, pp. 121-152).
- Docktor, J. L. (2007). *Physic Problem Solving*. Minnesota: University of Minnesota.
- Docktor, J. L., & Heller, K. J. (2009). *Development and Validation of a Physics Problem-Solving Assessment Rubric* (Vol. 4). Minnesota: University of Minnesota.
- Gok, T., & Silay, I. (2008). Effect of Problem Solving Strategies Teaching on The Problem Solving Attitudes of Cooperative Learning in Physics Education. *Journal of Theory and Practice in Education*, 4, 253 - 266.
- Heller, K., & Heller, P. (2010). *Cooperative Problem Solving in Physics A User's Manual*. The National Science Foundation, University of Minnesota and U.S. Department of Education.
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1: Group Versus Individual Problem Solving. *American Journal of Physics*, 60, 627 - 636.
- Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of Learning in Science *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw – Hill Book.
- Mehmet, C. A., Mehmet, A., & Bugraham, Y. (2012). Analyzing Science Activities in Force and Motion Concepts: A Design of an Immersion Unit. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 95 - 121.
- Pol, H., Harskamp, E. G., Suhre, C. J. M., & Goedhart, M. J. (2008). The Effect of Hints and Model Answers in a Student-Controlled Problem-Solving Program for Secondary Physics Education. *Journal of Science Education and Technology*, 17, 410 - 425.