

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องนี้ สรุปสาระสำคัญของการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.1.2 เพื่อประเมินผลของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาสภาพปัจจุบัน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน(O – NET) ปีการศึกษา 2554 – 2559 ผลการทดสอบในโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment :PISA) ในด้านการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ในช่วงปี 2543 – 2558 และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้นจำนวน 3 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 แบบประเมินตนเองของนักเรียน ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ฉบับที่ 2 แบบประเมินนักเรียนโดยครู ด้านความสามารถทางฟิสิกส์
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ฉบับที่ 3 แบบสอบถามครู เรื่อง สภาพและปัญหาการจัดการเรียน
การสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

**ขั้นตอนที่ 2 พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการ
เผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบ ได้แก่ หลักการ
วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล

หลักการของรูปแบบการสอนพัฒนาโดยอาศัยพื้นฐานจากทฤษฎีที่
เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิด
อย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้
ด้วยตนเอง จากนั้นนำหลักการของรูปแบบการสอนมาวิเคราะห์เพื่อเชื่อมโยงผลที่คาดว่าจะ
เกิดขึ้นกับนักเรียนภายใต้หลักการแต่ละข้อเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน

การกำหนดกระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน
ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้
ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญ
และฝ่าฟันอุปสรรค เพื่อกำหนดกระบวนการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการสอน และ
วิเคราะห์แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นถูกประเมินความเหมาะสม
โดยผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงรูปแบบการสอนตามข้อเสนอแนะ

**ขั้นตอนที่ 3 ทดลองใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิด
สะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมี
วิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน
ปลายโดยการศึกษานำร่อง**

รูปแบบการสอนถูกปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้น
ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความเป็นไปได้ของรูปแบบการสอนในสภาพการสอนจริง เครื่องมือ
สำหรับการศึกษานำร่อง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ และ
เครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่

แบบต่างๆ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษานำร่อง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบือวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 200 คน โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนกระบือวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 31 คน ใช้การทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest – Posttest Design) โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เวลาในการสอนสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง จำนวน 3 สัปดาห์ รวม 9 ชั่วโมง

สรุปและประเมินผลการศึกษานำร่อง (Pilot Study) และนำผลการศึกษามาใช้ในการปรับปรุงรูปแบบการสอนก่อนการทดลองจริง

ขั้นตอนที่ 4 การนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้จริง

รูปแบบการสอนถูกปรับปรุงโดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษานำร่องจากนั้นนำมาทดลองจริง เครื่องมือสำหรับการทดลองจริง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ มีเนื้อหาประกอบด้วย 1) สนามของแรง 2) การเคลื่อนที่ 3) คลื่นกลและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ 4) กัมมันตรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ และเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ประชากรที่ใช้ในการทดลอง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบือวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 200 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนกระบือวิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 40 คนและ 2) กลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 40 คน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA)

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

การประเมินผลรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1) เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2) เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนเรียนและหลังเรียน

1.3 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน

ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการประเมินตนเองของนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคพบว่า นักเรียนประเมินตนเองด้านความสามารถทางฟิสิกส์ มีความสามารถระดับปานกลาง ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถระดับ ดี ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค มีความสามารถระดับ ดี

ส่วนที่ 2 ผลการประเมินนักเรียนโดยครูผู้สอนในรายวิชาฟิสิกส์ด้านความสามารถทางฟิสิกส์ ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค พบว่า ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 ประเมินนักเรียนด้านความสามารถทางฟิสิกส์ มีความสามารถระดับ ปานกลาง ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถระดับ ปานกลาง ด้านความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค มีความสามารถระดับ ปานกลาง

ส่วนที่ 3 ผลการศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จากการสอบถามครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559 พบว่า สภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดการบูรณาการสะเต็มศึกษาในภาพรวมมีความเหมาะสม ร้อยละ 90.27 และมีปัญหาระดับปานกลาง ร้อยละ 34.14

ตอนที่ 2 ผลการออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบ ได้แก่ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยหลักการของรูปแบบการสอนประกอบด้วย หลักการสำคัญ 4 ประการ คือ 1) เน้นการเรียนรู้แบบองค์รวมในรูปแบบ PTEM ซึ่งประกอบด้วย ฟิสิกส์ (Physics:P) เทคโนโลยี (Technology:T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering:E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics:M) โดยใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเพื่อนำพานักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ 2) จัดการเรียนรู้โดยนักเรียนลงมือกระทำ โดยกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3) นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ โดยมีครูทำหน้าที่สนับสนุน อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน 4) นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยครูจะทำหน้าที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะเพื่อให้นักเรียนทำงานจนบรรลุเป้าหมายที่ต้องการและมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3) เพื่อพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

กระบวนการจัดการเรียนการสอนมี 2 ขั้นตอน คือ 1).**ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา** โดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E ได้แก่ **Physics (P)** หมายถึง ครูผู้สอนวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ ซึ่งได้แก่ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลการวิเคราะห์จะได้ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ลำดับต่อมา คือ **Technology (T)** หมายถึง ครูผู้สอนเลือกเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสาระ/ตัวชี้วัดที่ต้องการสอน โดยเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นผลมาจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งอาจอยู่ในรูปสิ่งประดิษฐ์ แบบจำลอง วิธีการแก้ปัญหา เป็นต้น โดยคำนึงถึงบริบทของนักเรียนในแต่ละพื้นที่เพื่อให้สอดคล้องกับชีวิตจริงลำดับต่อมาครูผู้สอนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง **Physics and Mathematics (PM)** โดยนำเทคโนโลยีที่ต้องการให้นักเรียนศึกษามาวิเคราะห์

ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (Physics:P) กับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics:M) ผลการวิเคราะห์นำมาใช้กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และ **Engineering (E)** หมายถึง ขั้นตอนการกำหนดสถานการณ์ปัญหาซึ่งจะนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด โดยผู้เรียนจะต้องบูรณาการความรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ (P) เทคโนโลยี (T) และคณิตศาสตร์ (M) มาใช้ในการแก้ไขปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์(E)²

ขั้นตอนการสอน

ประกอบด้วย **ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา** เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมและกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยครูจะนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ออกแบบไว้ ครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อดึงความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องที่จะเรียนเพื่อช่วยให้นักเรียนเตรียมพร้อมในการเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ครูสามารถประเมินความรู้เดิมของนักเรียนจากการสัมภาษณ์ การตอบคำถามของนักเรียน เป็นต้น ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ การระบุประเด็นปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ เป็นกิจกรรมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา โดยแบ่งได้ 2 กิจกรรม ได้แก่ (1) กิจกรรมในห้องเรียน คือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลางซึ่งครูจัดขึ้น เช่น กิจกรรมการทดลอง กิจกรรมการสาธิต กิจกรรมการอภิปราย เป็นต้น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้แกนกลางตามที่หลักสูตรกำหนด หลังจากเสร็จกิจกรรมครูจะให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ทั้งความรู้เดิมและความรู้ใหม่ด้วยตัวนักเรียนเองและพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยการส่งเสริมให้นักเรียนจัดระบบข้อมูลด้วยวิธีการอุปนัยหรือนิรนัย (2) กิจกรรมนอกห้องเรียน คือ กิจกรรมการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา ครูอาจให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้นักเรียนไปศึกษา ครูจะพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยฝึกให้นักเรียนตระหนักถึงข้อมูลที่ได้มามีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาและแหล่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือหรือไม่

ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน เป็นกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เก็บรวบรวมและจัดระบบเรียบร้อยแล้วมาใช้ในการกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนตั้งสมมติฐานมากกว่า 1 สมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน เมื่อนักเรียนได้สมมติฐานจากขั้นตอนที่ 4 แล้ว นักเรียนจะอภิปรายร่วมกันเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน โดยนักเรียนร่วมกันกำหนดข้อมูลและเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกสมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน นักเรียนนำสมมติฐานที่เลือกมาใช้ในการผลิตผลงาน ซึ่งผลงานของนักเรียนจะมีรูปแบบที่หลากหลายตามบริบทของเนื้อหา เช่น ผลงานสิ่งประดิษฐ์ แนวทางการแก้ปัญหาแบบจำลอง เป็นต้นถ้าผลงานของนักเรียนไม่บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ครูจะต้องแนะนำ ชี้แนะเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยใช้แนวทางการพัฒนา

ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ตามขั้นตอน The LEAD Sequence ตามแนวคิดของ พอล จี สโตลท์ซซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงใหม่ ได้แก่ L: Listen to your adversity response หมายถึง ครูจะต้องประเมินการตอบสนองต่ออุปสรรคของนักเรียน กล่าวคือ ถ้านักเรียนไม่มีการตอบสนอง ต่ออุปสรรคที่เกิดขึ้นหรือนักเรียนไม่มีความพยายามในการผลิตผลงานให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ครูจะต้องดำเนินการในขั้นตอนถัดไปคือ E: Explore all origins and your ownership of the result. หมายถึง การสำรวจต้นเหตุและความรับผิดชอบต่อผลลัพธ์ โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ นักเรียนค้นหาสาเหตุของอุปสรรค เช่น อะไรคือสาเหตุที่ทำให้ไม่บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ นักเรียน คิดว่ามีวิธีการใดบ้างที่จะทำให้ดีกว่านี้ เป็นต้น ลำดับต่อมา A: Analyze the evidence. หมายถึง การวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขหรือปรับปรุงผลงาน โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนหา แนวทางแก้ไข เช่น จะแก้ไขสาเหตุของปัญหาได้อย่างไร เป็นต้น และ D: Do something หมายถึง การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหา เมื่อนักเรียนมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคแล้ว ครูจะต้องสนับสนุนและเสริมแรงเพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาหรือ อุปสรรค และขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงาน นักเรียนจะนำเสนอผลงานให้กับเพื่อนในชั้นเรียน ทราบ โดยผลงานของนักเรียนจะถูกประเมินโดยครู เพื่อนในห้องเรียนและกลุ่มนักเรียนเอง ข้อมูลที่ ได้จากการประเมินผลงานจะนำไปใช้ในการพัฒนานักเรียนในครั้งต่อไป

การวัดประเมินผลของรูปแบบการสอนดำเนินการ 2 ลักษณะ คือ

1) การวัดและประเมินผลระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ที่กำหนดไว้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อประเมินความสามารถของนักเรียนในแต่ละด้าน 2) การวัดและประเมินผลหลังการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแบบวัด ความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

ตอนที่ 3 ผลการนำรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้จริงและผลการ ประเมินรูปแบบการสอน

ผลการทดสอบสมมติฐานมีดังนี้

สมมติฐานที่ 1 นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมี

วิจารณ์ญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค สูงกว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการสอนแบบปกติพบว่า เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.5 เมื่อวิเคราะห์ในแต่ละตัวแปร พบว่า

1) คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานที่ 2 นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน พบว่า เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.5 เมื่อวิเคราะห์ในแต่ละตัวแปร พบว่า

1) คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. อภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีประเด็นการอภิปราย 2 ประเด็น คือ การพัฒนาแบบการสอนและการประเมินผลรูปแบบการสอน

1.1 การพัฒนารูปแบบการสอน

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นจากการศึกษา ค้นคว้า ทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลของการศึกษาช่วยให้ผู้วิจัยกำหนดองค์ประกอบของ รูปแบบการสอนและเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ ให้มีความสัมพันธ์กัน โดยอาศัยหลักการจาก ทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นฐาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Joyce and Weil (1996) ที่กล่าวว่ารูปแบบการสอนต้องมีทฤษฎีรองรับ เช่น ทฤษฎีจิตวิทยาการเรียนรู้ และเมื่อพัฒนารูปแบบการสอนแล้ว ก่อนนำไปใช้อย่างแพร่หลายจะต้องมีการวิจัยเพื่อทดสอบทฤษฎี และตรวจสอบคุณภาพในเชิงการนำไปใช้ในสถานการณ์จริงและนำข้อค้นพบมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบที่พัฒนาขึ้นผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการสอนจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีความเหมาะสมระดับ มากที่สุด หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงก่อนที่จะมีการศึกษานำร่อง ผลการศึกษานำร่องช่วยให้ผู้วิจัยพบจุดอ่อนของรูปแบบการสอนขณะใช้ในสภาพจริง เช่น ขั้นตอนการสอนขาดความต่อเนื่อง นักเรียนไม่สามารถกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจได้ นักเรียนกำหนดสมมติฐานหรือแนวทางการแก้ปัญหาวิธีการเดียว เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้ผู้วิจัยนำมาใช้ในการปรับปรุงรูปแบบการสอนให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

การพัฒนาระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ผู้วิจัยได้สังเคราะห์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ผลการสังเคราะห์ได้กระบวนการจัดการเรียนรู้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา โดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E เป็นแนวทางให้ครูออกแบบหน่วยการเรียนรู้ โดยใช้มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ ซึ่งได้แก่ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากนั้นจึงเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง กำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาของ Pual Eggen and Don Kauchak (2012) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 กำหนดหัวข้อการเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 2 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 3 กำหนดหัวข้อปัญหา และขั้นตอนที่ 4 จัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ จุติพร อัสวโสรธรรม, วัฒนา มัคคสมัน, ปรีชา เนาว์เย็นผล, และสุมาลี กาญจนชาติ. (2556) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบบูรณาการโดยการจัดประสบการณ์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยกระบวนการของรูปแบบการสอนมีขั้นตอนการพัฒนาขอบเขตเนื้อหาและสร้างหน่วยบูรณาการก่อนที่จะปฏิบัติการสอน ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาส่งผลให้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นอิงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่ต้องการสะท้อนคุณภาพผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

2. ขั้นตอนการสอน ประกอบด้วย การระบุประเด็นปัญหา การสำรวจตรวจสอบ การตั้งสมมติฐาน การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน การผลิตผลงาน การประเมินผลงาน ขั้นตอนการสอนดังกล่าวสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ฉบับแก้ไขปรับปรุง (ครั้งที่ 2) พุทธศักราช 2545 หมวดที่ 4 แนวทางการจัดการศึกษา มาตรา 24 มีสาระสำคัญ คือ ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา โดยจัดกิจกรรมให้นักเรียนเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น บูรณาการสาระความรู้ด้านต่างๆอย่างสมดุลและเกิดการใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นเน้นให้นักเรียนฝึกการแก้ปัญหาโดยบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีการสอดแทรกกระบวนการสืบเสาะในขั้นตอนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับ Hiong and Osman (2015) ได้พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา BTEM Module (Biology, Technology, Engineering and Mathematics Module) โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry - Based Learning) เป็นพื้นฐานเพื่อให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนช่วยให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนได้

1.2 การประเมินผลรูปแบบการสอน

ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ คือ คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีผลต่อตัวแปรทั้งสามดังนี้

ผลของรูปแบบการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นยึดหลักการเรียนรู้แบบองค์รวม นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ลงมือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูคอยสนับสนุน ขั้นตอนการสอนขั้นตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา จะกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ อยากแก้ปัญหา ขั้นตอนที่ 2 สำรวจ

ตรวจสอบ นักเรียนจะได้ใช้กระบวนการสืบเสาะเพื่อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามที่ครูได้ออกแบบไว้ ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน นักเรียนจะนำความรู้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มากำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาหรือตั้งสมมติฐาน ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดพฤติกรรม การประยุกต์ใช้ (Applying) การวิเคราะห์ (Analyzing) และการคิดสร้างสรรค์ (Creating) สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ตามแนวคิดของบลูม และปรับปรุงโดยแอนเดอร์สัน ในปี 2001 (พิศิษฐ ดัฒนาวิช, 2558) จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นให้ความสนใจกับสถานการณ์ปัญหา มีความตั้งใจในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาด้วยตัวนักเรียนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาดิละห์เจ๊ะแม, ณัฐนี โมพันธ์, และมัสดี แวดราแม (2561) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีการวางแผน กำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบและเปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจโดยใช้การตั้งคำถาม จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และสอดคล้องกับ กฤษณา นันขันตี, นงนิตย์ มรกต, และชาติไทย แก้วทอง (2555) พบว่าการกระตุ้นด้วยคำถามเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน มีการพัฒนาความคิดส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

ผลของรูปแบบการสอนที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นยึดหลักการให้นักเรียนลงมือกระทำและมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ด้วยตนเอง กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นสังเคราะห์มาจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแนวทางการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ส่งผลให้นักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทุกด้าน ประกอบด้วย ด้านการระบุประเด็นปัญหา ถูกพัฒนาในขั้นตอนที่ 1 ครูจะให้สถานการณ์ปัญหาแก่นักเรียน นักเรียนจะได้ฝึกการตั้งคำถามและระบุสาระสำคัญของสถานการณ์ดังกล่าวเพื่อกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา ในขั้นตอนที่ 2 นักเรียนจะได้รับการพัฒนาความสามารถในการรวบรวมข้อมูล สามารถแยกแยะข้อมูลจริง ข้อมูลที่เป็นความคิดเห็น ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ข้อมูลทั้งหมดที่นักเรียนรวบรวมได้ทั้งจากในห้องเรียนและนอกห้องเรียนจะถูกจัดระบบและสรุปข้อมูลแบบอุปนัยและแบบนิรนัย ขั้นตอนที่ 3 นักเรียนได้รับการพัฒนาการตั้งสมมติฐานโดยใช้ความรู้จากขั้นตอนที่ 2 เป็นพื้นฐาน และขั้นตอนที่ 4 นักเรียนจะฝึกการกำหนดเงื่อนไขหรือเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือก

สมมติฐาน ซึ่งเป็นความสามารถในการประเมินค่าสภาพการสอนในแต่ละขั้นตอนส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง พัฒนาระบวนการคิดและกระบวนการตั้งเป้าหมายอย่างมีระบบ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Yee , Tan and Lee (2015) พบว่า องค์ประกอบดังกล่าวมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้และสอดคล้องกับกลยุทธ์เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Strategies) ซึ่งประกอบด้วย การวางแผน การกำกับและประเมิน เป็นการพัฒนานักเรียน เรียนรู้วิธีการเรียน (Learn how to learn) และเรียนรู้วิธีการคิด (Learn how to think) ซึ่งช่วยให้การเรียนรู้และงานที่ทำประสบความสำเร็จ (พาสนา จุลรัตน์, 2556)

ผลของรูปแบบการสอนที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค

รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีหลักการให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยครูจะทำหน้าที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะเพื่อให้นักเรียนทำงานจนบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ โดยใช้ขั้นตอน The LEAD Sequence ตามแนวคิดของ พอล จี สดอลท์ซ์ ซึ่งมีความเชื่อว่าบุคคลสามารถประสบความสำเร็จได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงนิสัยของการคิด (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552) ถูกสอดแทรกอยู่ในขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน ครูจะคอยสังเกตการทำงานของนักเรียน ผลการสังเกต พบว่า ผลการตอบสนองของนักเรียนในการผลิตผลงานจะแบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) นักเรียนที่ไม่พยายามจะทำงานให้สำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ (2) นักเรียนที่ผลิตผลงานได้สำเร็จแต่ไม่บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ (3) นักเรียนที่ผลิตผลงานได้สำเร็จและบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2552) ได้กล่าวว่า พอล จี สดอลท์ซ์ แบ่งบุคคล 3 ประเภท ซึ่งเปรียบเทียบกับนักไต่เขา ประกอบด้วย (1) คนไม่สู้ (Quiter) หมายถึง คนที่ไม่ทำอะไรพร้อมที่จะถอยหนีและถอนตัวสามารถเทียบได้กับนักเรียนกลุ่มที่ 1 ของการวิจัยครั้งนี้ (2) นักดิ่งแคมป์ หมายถึง นักไต่เขาที่มีความพยายามไปถึงจุดที่ตั้งแคมป์ได้ แต่ไม่ประสบผลสำเร็จหากไม่ป็นต่อไป สามารถเทียบได้กับนักเรียนกลุ่มที่ 2 ของการวิจัยครั้งนี้ (3) นักต่อสู้อยู่ (Climber) หมายถึง กลุ่มคนที่มีความคิดเห็นว่าทุกสิ่งทุกอย่างสามารถเป็นไปได้ ไม่ยอมให้ปัจจัยใดๆมาเป็นอุปสรรคขวางความสำเร็จ สามารถเทียบได้กับนักเรียนกลุ่มที่ 3 ของการวิจัยครั้งนี้ โดยนักเรียน 2 กลุ่มแรก จะพบในช่วงแรกของการทดลอง ครูจะต้องใช้ The LEAD Sequence เพื่อพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียน ในระยะต่อมา พบว่า นักเรียน 2 กลุ่มนี้ สามารถผลิตผลงานได้สำเร็จและบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ สอดคล้องการกับศึกษาของ สิริวรรณ วงศ์พงศ์เกษม (2554) ซึ่งได้ศึกษาผลของโปรแกรมพัฒนานักเรียนที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยนำแนวทาง The LEAD Sequence มาใช้ในการออกแบบ โปรแกรมพัฒนานักเรียน พบว่า นักเรียนที่เข้าร่วมโปรแกรมฯ มีคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคสูงกว่าก่อนเข้าร่วม

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับการศึกษาของ วันดี จันทร์ล้อย (2549) พบว่า เมื่อนักเรียนถูกรับการฝึกให้แก้ปัญหา วางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ นักเรียนจะเกิดทักษะการทำงาน กระบวนการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาด้วยการพิจารณาไตร่ตรองจากเหตุผลเพื่อให้งานสำเร็จไปด้วยดี ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ คิดอย่างมีเหตุผล โดยมีสถานการณ์ปัญหาเป็นเครื่องมือสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ สอดคล้องกับการศึกษาของ จินดา น้ำเจริญ และสุจินดา ขจรรุ่งศิลป์ (2556) กล่าวว่า การเรียนรู้ที่ผ่านการลงมือปฏิบัติ ผ่านการคิดและนำความรู้สึกลงสู่ใจ ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในการพัฒนาความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค นอกจากนี้ จินดาพร ไชยคำ, นุชวณา เหลืองอังกูร, และบังอร กุมพล (2560) กล่าวว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค เพราะ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นความต้องการของบุคคลที่จะทำสิ่งต่างๆ ให้สำเร็จลุล่วงตามจุดหมายที่ตั้งไว้ ดังนั้น นักเรียนที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทำให้นักเรียนมีความเอาใจใส่ มุ่งมั่นและตั้งใจจนทำให้มีความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคด้วย

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้

3.1.1 ด้านการกำหนดนโยบาย

สำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2556) จากผลการประเมินคุณภาพภายนอก รอบสาม (พ.ศ.2554 -2558) ของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมีข้อเสนอแนะ คือ ควรส่งเสริมและมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพนักเรียนมีความรู้และทักษะที่จำเป็นตามหลักสูตร โดยเฉพาะให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง มีวิสัยทัศน์ มีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง รักการเรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ควรนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ไปใช้ในสถานศึกษาเนื่องจากมีลักษณะที่สอดคล้องกับข้อเสนอแนะดังกล่าวโดยผู้บริหารจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เพื่อจะได้ส่งเสริม สนับสนุนและกำหนดทิศทางการดำเนินงานตามบริบทของโรงเรียนและศักยภาพของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1.2 ด้านการพัฒนาการเรียนการสอน

1) รูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ดังนั้น ครูต้องมีความรอบรู้ในด้านเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วิทยาศาสตร์(ฟิสิกส์) เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เป็นอย่างดี เพื่อให้การออกแบบหน่วยการเรียนรู้มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลกับนักเรียน

2) ครูควรเปลี่ยนบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้เป็นผู้อำนวยความสะดวกและส่งเสริมให้นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาและสามารถนำความรู้ในเนื้อหาไปใช้ในการผลิตผลงานได้อย่างสร้างสรรค์

3) ครูควรศึกษาคู่มือการใช้รูปแบบการสอนอย่างละเอียด ก่อนการนำรูปแบบการสอนไปใช้ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีความเชื่อมโยงกัน และบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ในแต่ละขั้นตอน

3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1) การวิจัยครั้งนี้ศึกษาเฉพาะรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับชั้นอื่นๆด้วยเพื่อให้ครอบคลุมนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2) ควรศึกษาผลการเรียนรู้จากรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในด้านอื่นๆ ได้แก่ (1) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สมรรถนะของนักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551และ(2) ทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

3) การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ การทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การทดสอบความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคไม่ควรดำเนินการในคราวเดียวกัน เพราะจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความล้า เบื่อ ไม่อยากทำ อาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน