

## การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เรื่องสมการแม็กซ์เวลล์ คลื่นระนาบ และกำลังไฟฟ้าของคลื่น โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ของ SATADE Model

อลงกรณ์ พรหมที<sup>1</sup> และ สมศักดิ์ อรรถคัทมากุล<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนเรื่อง สมการแม็กซ์เวลล์ คลื่นระนาบและกำลังไฟฟ้าของคลื่น โดยมีแนวคิดจากการศึกษารูปแบบการเรียนการสอนแบบต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นได้พัฒนาและออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนขึ้นมาใหม่โดยใช้ชื่อว่าสตาดี้ (SATADE Model) ผู้วิจัยได้พัฒนาและออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 เรื่อง คือ สมการแม็กซ์เวลล์ คลื่นระนาบ และกำลังไฟฟ้าของคลื่น จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินคุณภาพของเครื่องมือวิจัย ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของเครื่องมือวิจัยอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.72 S.D. เท่ากับ 0.35) จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนมีค่าเท่ากับ 1.36 ตรงตามมาตรฐานของแมกยูแกนส์ (Maguigans) และผลของความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนการสอนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.71 และ S.D. เท่ากับ 0.37) ซึ่งตรงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังนั้นรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการสอนบางส่วนเกี่ยวกับรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ:** รูปแบบการเรียนรู้, สตาดี้ โมเดล, สมการแม็กซ์เวลล์, คลื่นระนาบ, กำลังไฟฟ้าของคลื่น

<sup>1</sup> นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาไฟฟ้าศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. 08-3086-0903 อีเมล: promtee@gmail.com



## Development Instructional Model in Maxwell Equation, Plan Wave and Power of Wave using SATADE Learning Model

Alongorn Promtee<sup>1</sup> and Somsak Akatimagool<sup>2</sup>

### Abstract

The objectives of this research are to developed and find the efficiency of an instructional model on maxwell equation, plan wave and power of wave topics. The concept of learning model and other related researches have been studied. Thus, we develop and design the student centered learning model called the SATADE learning model. In this research, we are interesting the electromagnetic wave and propagation topic that consists of three topics including the Maxwell equations, plane wave and power of wave. Then, the quality of developed research tools is evaluated by the five experts. The result shows that the SATADE learning model is more appropriate ( $\bar{X} = 3.72, S.D. = 0.35$ ). Next, the developed research tools have used to try out with 20 sample students at Rajamangala University of Technology Isan, Khonkaen Campus. The research result shows that the efficiency of instruction package has 1.36 in correspondence with the Maguigans's standard. The quality of learner's satisfaction is more satisfy level ( $\bar{X} = 3.71, S.D. = 0.37$ ) which agreed with the research hypothesis. The proposed learning model can be used effectively in the teaching of some part electromagnetic wave and propagation subject.

**Keywords:** Instructional model, SADATE learning model, Maxwell equation, Plan wave, Power of wave.

---

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Department of Electrical Education, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Electrical Education, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

\* Corresponding Author Tel. 08-3086-0903 E-mail: [promtee@gmail.com](mailto:promtee@gmail.com)

## 1. บทนำ

การจัดการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ได้บรรจุรายวิชานามแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าในหลักสูตรโดยมีเนื้อหาที่มุ่งเน้นถึง ทฤษฎีของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สมการของคลื่น และการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นเนื้อหาที่สำคัญสำหรับนำไปใช้ศึกษารายวิชาอื่น ๆ เช่น วิชาการแพร่กระจายคลื่น วิชาวิศวกรรมไมโครเวฟ เป็นต้น จากการศึกษาเนื้อหาในรายวิชาดังกล่าว พบว่า เนื้อหาในรายวิชาดังกล่าวมีสมการทางคณิตศาสตร์ จำนวนมาก และใช้ทฤษฎีหลายทฤษฎีซึ่งเกิดความซับซ้อนสำหรับผู้เรียนเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ในส่วนของการแพร่กระจายคลื่นระนาบการเห็นปรากฏการณ์ของคลื่นที่เกิดจากการคำนวณก็เป็นเรื่องยาก ทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหาอย่างทอ้งแท้ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ปัญหาข้างต้นแล้ว จากการสอบถามผู้สอนในรายวิชาดังกล่าวและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้ให้ข้อมูลว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ขาดความสนใจ หรือขาดความกระตือรือร้นในการเรียน เนื่องจากเป็นรายวิชาที่มีเนื้อหาที่ยาก มีการคำนวณมาก และการจัดรูปแบบการเรียนการสอนไม่ได้เน้นให้ผู้เรียนเป็นสำคัญ [1] เนื่องจากเป็นวิชาที่ไม่มีมีการเรียนภาคปฏิบัติ กิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้้น้อย นอกจากนี้ยังขาดสื่อการเรียนการสอนที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับการเรียนการสอน [11]

ปัจจุบันงานวิจัยทางด้านการศึกษาได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยพยายามอาศัยทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้สอดคล้องและเหมาะสมกับลักษณะการเรียนการสอนในรายวิชานั้น ๆ หรือให้เหมาะสมกับสภาพของผู้เรียนให้มากที่สุด ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวสามารถทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ไม่เกิดความเบื่อหน่ายกับเนื้อหา แต่อย่างไรก็ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่สามารถนำมาใช้จัดการเรียนการสอนในรายวิชาทางด้านวิศวกรรมพบว่า มีจำนวนน้อย และตอบสนองกับลักษณะรายวิชาที่แตกต่างกันได้ยาก นอกจากนี้นโยบายการจัดการเรียนการสอนในขณะนี้ได้มีการกำหนดรูปแบบการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียน

เป็นสำคัญหรือมีบทบาทในการใช้ความคิด และสติปัญญา ทางสมองให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมควรมุ่งเน้นและรองรับการเรียนการสอนเชิงวิเคราะห์หรือสังเคราะห์ในเนื้อหาที่ซับซ้อนเพื่อเป็นการเพิ่มคุณภาพของการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น

จากการสอบถามอาจารย์ผู้สอนในรายวิชานามแม่เหล็กไฟฟ้าจำนวน 3 ท่าน และผู้เรียนจำนวน 25 คน จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยราชธานี วิทยาเขตอุตรธานี พบว่าสื่อการเรียนการสอนในรายวิชานามแม่เหล็กไฟฟ้ามีจำนวนน้อย ไม่ครอบคลุมหัวข้อการเรียนการสอน การเรียนการสอนวิชานามแม่เหล็กไฟฟ้ามีเนื้อหาซับซ้อน ผู้เรียนต้องมีการจินตนาการและความคิดเป็นอย่างมาก นอกจากนี้รูปแบบการเรียนการสอนในรายวิชาดังกล่าวควรมีการเพิ่มกิจกรรมหรือสื่อให้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะสื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในการอธิบายหรือจำลองการทำงานที่สามารถแสดงรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ ในแบบสอบถามได้กล่าวถึงความเหมาะสมของโปรแกรมจำลองการแพร่กระจายคลื่น ซึ่งเป็นสื่อการเรียนการสอนประเภทหนึ่งที่สามารถสร้างความสนใจให้กับผู้เรียนเป็นอย่างมาก [2] เพราะสามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ดีและรวดเร็วขึ้น จากการศึกษา งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ มีนักวิจัยจำนวนหนึ่ง [3] ได้ให้ความสำคัญและพัฒนาโปรแกรมจำลองเพื่อออกแบบและวิเคราะห์ระบบเพื่อนำมาใช้ในงานเชิงธุรกิจ และประกอบการเรียนการสอนเพื่อเป็นเพิ่มคุณภาพของงานให้มากยิ่งขึ้น

จากความสำเร็จและที่มาของปัญหาดังกล่าว บทความความวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวความคิดที่จะออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนเรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการแพร่กระจาย ตลอดจนการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลายเพื่อตอบสนองความต้องการในการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเรื่องสมการแม็กซ์เวลล์ คลื่นระนาบและกำลังไฟฟ้าของคลื่น

2.2 เพื่อหาคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนและสื่อประกอบการเรียนการสอนเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการแพร่กระจาย

2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน

## 3. สมมติฐานของการวิจัย

3.1 คุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนและชุดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมาก

3.2 ชุดการสอนที่สร้างขึ้นสามารถใช้เรียนร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์ (Maguigans)

## 4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้อาศัยทฤษฎีต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

### 4.1 ทฤษฎีการเรียนรู้

ทฤษฎีการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาต้องอ้างอิงทฤษฎีการเรียนรู้ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความหมายของทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ (Learning Theory) เช่น ทิศนา [4] ได้ให้ความหมายไว้ว่าเป็นความรู้ที่พรรณนา/ อธิบาย/ ทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการเรียนรู้ ซึ่งได้รับการพิสูจน์ ทดสอบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และได้รับการยอมรับว่าเชื่อถือได้ หรือนำไปใช้เป็นหลักในการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนได้ หรือ พรรณี [5] ได้ให้ความหมายทฤษฎีการเรียนรู้ คือ การรับรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์เก่าและประสบการณ์ใหม่มาเชื่อมโยงกัน เพื่อแก้ปัญหาโดยการวางแผนหรือการลองผิดลองถูก

การจัดการเรียนการสอนได้พยายามนำทฤษฎีการเรียนรู้มาใช้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น ทฤษฎีการเรียนรู้มีมากมายหลายแบบ เช่น ทฤษฎีการเรียนรู้แบบเมียบ (MIAP Model) ทฤษฎีการเรียนรู้แบบชิปป่า (SIPPA Model) [6] เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ต่าง ๆ แล้วแต่ผู้สอนจะนำมาประยุกต์ใช้งานให้

เหมาะสมกับสภาพของผู้เรียนหรือเนื้อหาวิชาวิชานั้น แต่สำหรับรายวิชาที่มีการคำนวณและสมการเป็นจำนวนมาก เช่น วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นวิชาที่ผู้เรียนต้องใช้จินตนาการและทฤษฎีหลายอย่างมาเชื่อมโยงกับการเรียนวิชานั้นเป็นผลทำให้การเรียนการสอนมีความยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าวิชาอื่น ดังนั้นทฤษฎีการเรียนรู้จึงต้องมีการพัฒนารูปแบบให้สอดคล้องกับลักษณะและสภาพของปัญหา

ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยม (Cognitive Learning Theories) เป็นทฤษฎีหนึ่งที่เน้นกระบวนการทางสติปัญญาของมนุษย์ ในการสร้างความรู้ ความเข้าใจให้แก่ตนเอง เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ จากการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยม [7] พบว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมที่มีเนื้อหาซับซ้อนและต้องใช้จินตนาการสูง

### 4.2 สมการแม็กซ์เวลล์ คลื่นระนาบและกำลังไฟฟ้าของคลื่น

สมการแม็กซ์เวลล์ คลื่นระนาบและกำลังไฟฟ้าของคลื่น เป็นสิ่งที่อยู่รอบของมนุษย์และถูกใช้งานเป็นประจำ เช่นการใช้โทรศัพท์มือถือ การใช้เตาไมโครเวฟ การดูโทรทัศน์ซึ่งมีการส่งสัญญาณย่านความถี่สูง เป็นต้น และในอนาคตการใช้งานเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีปริมาณมากขึ้น [8] กว่าปัจจุบันเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการสื่อสารจะเห็นได้จากการขยายตัวของธุรกิจในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา มีผู้ใช้โทรศัพท์มือถือประมาณ 23 ล้านเลขหมาย [9] แต่ปัจจุบันมีผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือประมาณ 40 ล้านเลขหมายและปี พ.ศ. 2556 นี้มีการใช้งานระบบ 3G และการรับส่งสัญญาณโทรทัศน์แบบดิจิตอลซึ่งระบบดังกล่าวแล้วแต่มีความสัมพันธ์และหลีกเลี่ยงการใช้งานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไม่ได้

การแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญเนื่องจากสามารถสร้างผลกระทบให้กับวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตได้ [10] จึงจำเป็นอย่างมากที่จะต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจกับปริมาณหรือการแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า นอกจากนี้การแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่สูง ๆ ของคลื่นระนาบเป็นเรื่องที่มีงานวิจัยออกมาจำนวนมาก ซึ่งนักวิจัยพยายามที่จะแสดง

ปรากฏการณ์ของคลื่นระนาบที่ผ่านตัวกลาง เพื่อที่นำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ต่อไป

สำหรับการเรียนการสอนเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการแพร่กระจายในลูกบรรจุไว้ในหลักสูตรปริญญาตรีและระดับปริญญาโท ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์ ในรายวิชานามแม่เหล็กไฟฟ้า ถือว่าเป็นวิชาที่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นพื้นฐานเพื่อต่อยอดสำหรับการเรียนวิชาอื่น ๆ ทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยเนื้อหาส่วนใหญ่จะเป็นการคำนวณ ใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทั้งผู้เรียนและผู้สอนต้องมีจินตนาการและเชื่อมโยงสมการต่าง ๆ เพื่อที่จะแก้ปัญหาและเข้าใจกับเนื้อหานั้น

### 4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

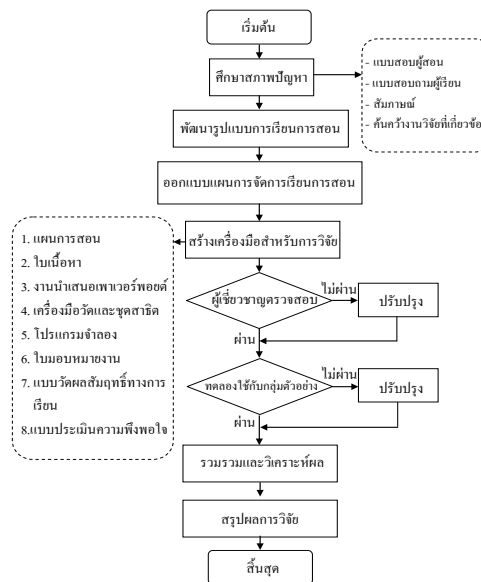
ศรัณย์ [2] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการคำนวณวงจรไมโครเวฟในท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการคำนวณวงจรไมโครเวฟในท่อนำคลื่นทรงสี่เหลี่ยม และพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่เรียกว่าไมเดฟ (MIDEAP Model) ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบไมเดฟ (MIDEAP Model) ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 71.75/70.26 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 70/70

สมมาตร [1] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้วิธีการวนรอบของคลื่น เพื่อประยุกต์ใช้กับการศึกษาวงจรคลื่นระนาบไมโครเวฟ ซึ่งได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบซีเดีย (SEDEA Model) ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์การหาคุณภาพของเมกูย-แกนส์ (Meguigans) และผลสัมฤทธิ์ของการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนแบบซีเดีย (SEDEA Model) ที่พัฒนาขึ้นมีค่าร้อยละ 72.17 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

จากงานวิจัยดังกล่าวเป็นงานวิจัยที่สัมพันธ์กับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและเป็นการสร้างนวัตกรรมรูปแบบการเรียนการสอนที่ถูกนำมาใช้กับการศึกษาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งถือว่ามีประโยชน์กับผู้เรียนและผู้สอนเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับรายวิชาอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้อีกด้วย

## 5. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยแบบทศวรรษวิทย์นี้สามารถนำเสนอเป็นขั้นตอนต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 1 สามารถสรุปเป็นหัวข้อสำคัญ ดังนี้



รูปที่ 1 แผนผังการพัฒนาแบบการเรียนการสอน

### 5.1 การศึกษาสภาพปัญหาการเรียนการสอน

ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัญหาของการเรียนการสอนในรายวิชานามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการสัมภาษณ์ผู้สอนและสอบถามผู้เรียนจากหลายมหาวิทยาลัย ได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และมหาวิทยาลัยราชธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สามารถสรุปประเด็นที่สำคัญได้ว่าวิชานามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นวิชาที่เรียนค่อนข้างยาก มีสมการจำนวนมาก และมีสื่อประกอบการเรียนการสอนน้อย ควรพัฒนาเทคนิค สื่อการเรียน และวิธีการสอนที่ทันสมัยให้มากขึ้น

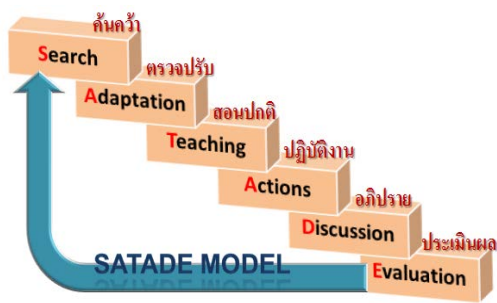
### 5.2 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

หลังจากที่ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาของการเรียนการสอนวิชานามแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงได้วางแผนการพัฒนาและออกแบบนวัตกรรมรูปแบบการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้เกิดกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนใช้ความคิดทางสมอง ตามแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้แบบกลุ่มพุทธินิยมในการเรียนรู้ด้วยตัวเองมากขึ้น ซึ่งได้รูปแบบการเรียนรู้นี้ที่เรียกว่าสตาดี้ (SATADE

Model) แสดงดังรูปที่ 2 โดยประกอบด้วยกระบวนการเรียนรู้จำนวน 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้า (Search) เป็นขั้นตอนที่กำหนดแผนให้ผู้เรียนศึกษา ทบทวน และค้นคว้าข้อมูลที่เป็นองค์ความรู้เดิมและใหม่ ตามความสามารถของแต่ละบุคคล พร้อมรวบรวมและสรุปเป็นองค์ความรู้ โดยจะทำงานล่วงหน้าก่อนเข้าห้องเรียน

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจปรับความรู้ (Adaptation) เป็นขั้นตอนการตรวจปรับความรู้พื้นฐานและตรวจสอบสภาพความพร้อมทางสติปัญญาของผู้เรียนแต่ละคน โดยใช้ชุดข้อสอบ หรือแบบประเมินความสามารถ เพื่อผู้สอนสามารถจัดการทบทวนเนื้อหา และวางแผนการดำเนินการเรียนการสอนและเลือกแนวทางการกิจกรรมที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 2 รูปแบบการเรียนรู้สตาดี้ (SATADE Model)

ขั้นตอนที่ 3 การเรียนการสอนปกติ (Teaching) เป็นขั้นตอนการสอนตามปกติในห้องเรียน ที่ผู้สอนให้เนื้อหาตามหัวข้อในหลักสูตรรายวิชา โดยจะดำเนินงานตามแผนการสอนที่กำหนดไว้ในคู่มือครู

ขั้นตอนที่ 4 การปฏิบัติงานร่วมกัน (Actions) เป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย ตามแผนกิจกรรมการเรียนการสอน ที่ใช้สื่อการสอนที่หลากหลายที่ได้ออกแบบไว้แล้ว โดยพิจารณาเลือกกิจกรรมตามลักษณะความแตกต่างของกลุ่มผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้มีทักษะในการคิด การวิเคราะห์ การวิจารณ์ และการแก้ปัญหาต่าง ๆ สามารถประยุกต์ใช้งาน และส่งเสริมให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ

ขั้นตอนที่ 5 การอภิปรายผล (Discussion) เป็นขั้นตอนการอภิปรายผล ที่ได้จากการเรียนรู้มาทั้งหมด

สามารถสรุปความคิดรวบยอด และบอกเล่าหรือนำเสนอให้ผู้อื่นได้เข้าใจ ส่งเสริมให้มีการโต้เถียงและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับผู้สอน และหาบทสรุปในเนื้อหาทั้งหมดที่ถูกต้องและเป็นระบบ

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนการทดสอบและประเมินผลสำเร็จในการจัดการเรียนการสอน โดยการใช้แบบทดสอบ บทสัมภาษณ์ แบบสอบถาม หรือจากการสังเกตของผู้สอน

การจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสตาดี้ (SATADE Model) เป็นนวัตกรรมใหม่ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ ความคิดของตนเองเพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ผู้สอนเป็นผู้ให้ความรู้หรือถ่ายทอดความรู้โดยใช้ควบคู่กับสื่อหรือเครื่องมือต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นให้ตรงกับเนื้อหาแต่ละหน่วยตามที่กำหนดไว้ในแผนกิจกรรมการเรียนการสอน

สรุปได้ว่ารูปแบบการเรียนรู้แบบสตาดี้ (SATADE Model) ที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบการเรียนรู้ ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหาได้ด้วยตัวเอง โดยผู้สอนจะต้องมีแผนกิจกรรมการเรียนการสอนและให้ความรู้ตลอดจนคำแนะนำเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหา นั้นอย่างท่องแท่งกับการเรียนในรายวิชาที่มีสมการ และมีความซับซ้อน อีกประการยังส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างเป็นระบบ

จากนั้นนำรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ เพื่อนำมาปรับปรุง แล้วนำไปใช้กับกลุ่มทดลองย่อยจำนวน 2 ครั้ง (จำนวน 3 คน และ 10 คน) เพื่อหาข้อผิดพลาด ข้อเสนอแนะ แล้วนำมาปรับปรุงอีกครั้ง เพื่อให้ได้รูปแบบการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนต่อไป

### 5.3 การออกแบบการเรียนการสอน

การออกแบบการจัดการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสตาดี้ (SATADE Model) ที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

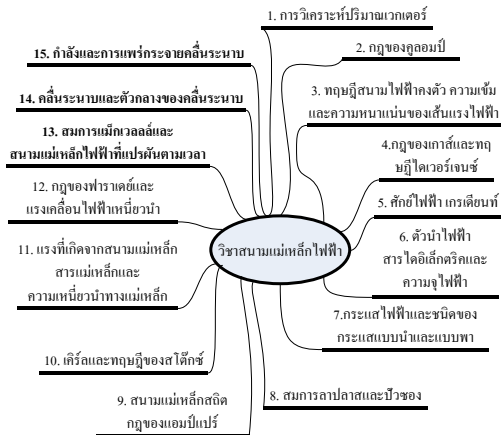
#### 5.3.1 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้พิจารณาเลือกรายวิชา สนามแม่เหล็กไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ที่พบว่าเป็นรายวิชาที่มีความจำเป็นและสำคัญต่อสาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าที่ผู้เรียนต้องมีการจินตนาการสูง ใช้สมอง

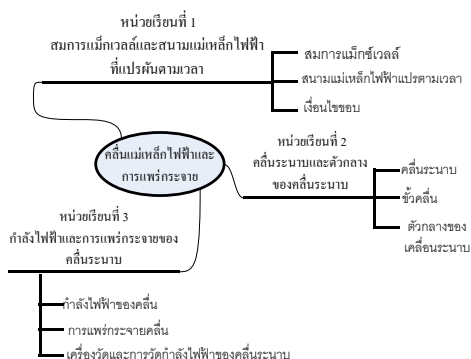
และความคิดมาก เพื่อให้เข้าใจในเนื้อหาที่เป็นนามธรรม และซับซ้อน จึงได้วิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตามรายละเอียดคำอธิบายรายวิชา สามารถกำหนดได้ 15 หัวข้อ แสดงดังรูปที่ 3

5.3.2 การกำหนดเลือกหัวข้อเรื่อง

ผู้วิจัยได้เลือกจำนวน 3 หัวข้อ ได้แก่ 1) สมการแมกซ์เวลล์และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แปรผันตามเวลา 2) คลื่นระนาบและตัวกลางของคลื่นระนาบ และ 3) กำลังไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 4 เพื่อนำมาจัดทำแผนการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสตาดี้ (SATADE Model) ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีกระบวนการคิดและการเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น และผู้สอนเป็นผู้ให้เนื้อหาตลอดจนให้คำแนะนำต่าง ๆ



รูปที่ 3 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา



รูปที่ 4 การกำหนดหัวข้อเรื่องสำหรับงานวิจัยนี้

5.4 การสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัย

เครื่องมือวิจัยที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในงานวิจัยมีรายละเอียด ดังนี้

ก) แผนการเรียนการสอนเป็นเอกสารที่ผู้สอนต้องยึดถือเป็นแนวปฏิบัติสำหรับใช้กับหัวข้อเรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการแพร่กระจาย โดยมีการระบุขั้นตอนคำแนะนำและกิจกรรมระหว่างการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสตาดี้ (SATADE Model)

ข) ใบเนื้อหา เป็นเนื้อหาทั้งหมด 3 หน่วยเรียน ประกอบด้วย 1) สมการแมกซ์เวลล์และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แปรผันตามเวลา 2) คลื่นระนาบและตัวกลางของคลื่นระนาบ 3) กำลังไฟฟ้าและการแพร่กระจายคลื่นระนาบ จำนวนทั้งหมด 95 หน้า ที่ใช้เวลาหน่วยเรียนละ 3 ชั่วโมง

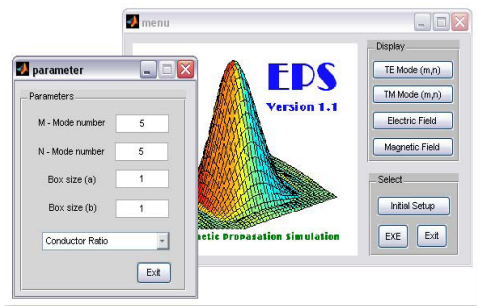
ค) งานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์ ใช้สำหรับนำเสนอประกอบการบรรยาย แสดงเป็นภาพสี สมการและคำอธิบายที่สำคัญ จำนวนทั้งหมด 94 สไลด์

ง) เครื่องมือวัดและชุดสาธิตการแพร่กระจายคลื่น ประกอบด้วยเครื่องมือวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จำนวน 3 เครื่อง ได้แก่ 1) เครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ 88-108 MHz 2) เครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ 900 MHz และ 3) เครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ 1,800 MHz (ใช้ประกอบการสอนในบทที่ 3 หัวข้อ 3.3 เรื่องเครื่องวัดและการวัดกำลังของคลื่น ของเอกสารแผนการจัดการเรียนการสอน) และชุดสายอากาศเพื่อสาธิตให้ผู้เรียนเห็นลักษณะและทิศทางของการแพร่กระจายของคลื่น ได้แก่ สายอากาศแบบไดโพล สายอากาศแบบโมโนโพล และสายอากาศแบบยาจิก (สายอากาศแบบต่าง ๆ ใช้ประกอบการสอนในบทที่ 2 หัวข้อ 2.2 ขั้วคลื่นเป็นการอธิบายประกอบการสาธิต) รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 5

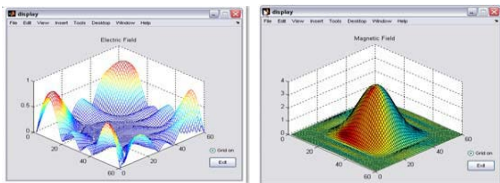


รูปที่ 5 เครื่องมือวัดและชุดสาริต

จ) โปรแกรมจำลองการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในกล่องตัวนำ ทำงานภายใต้โปรแกรม MATLAB และวิธีการคำนวณของโมเมนต์ (Method of Moments) ร่วมกับวิธีการวนรอบของคลื่น (Wave Iterative Method) [4] โครงสร้างประกอบด้วยเมนูหลักที่ใช้ฟังก์ชัน GUI (Graphic User Interface) และส่วนของหน้าต่างสามารถแสดงผลของรูปคลื่นของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กได้ (ใช้ประกอบการสอนในบทที่ 1 สมการแมกซ์เวลล์ หาคความเข้มของสนามไฟฟ้า: E และหาคความเข้มของสนามแม่เหล็ก: H) แสดงดังรูปที่ 6



ก. เมนูหลักของโปรแกรม



ข. สนามไฟฟ้าบนแผ่นตัวนำ ค. สนามแม่เหล็กบนแผ่นตัวนำ

รูปที่ 6 โปรแกรมจำลองการแพร่กระจายของคลื่น

ฉ) ใบมอบหมายงาน เป็นเอกสาร ใบงาน หรือแบบฝึกหัดสำหรับให้ผู้เรียนทำก่อนเรียน ล่วงหน้าก่อนเข้าห้องเรียนเพื่อทบทวน หรือค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม

ช) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบหลังจากผู้เรียนเรียนครบ 3 หน่วยเรียน เพื่อวัดระดับความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน โดยเป็นข้อสอบประเภทปรนัย 4 ตัวเลือก มีจำนวนทั้งหมด 60 ข้อ

ซ) แบบประเมินความพึงพอใจ ใช้สำหรับประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อกระบวนการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ วิธีการสอน ใบเอกสารเนื้อหาเครื่องมือที่ใช้ในการสอน แบบทดสอบ เป็นต้น

จากนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการหาคุณภาพและปรับปรุงเครื่องมือแต่ละประเภทโดยผู้เชี่ยวชาญและจากการทดสอบใช้งาน จากนั้นนำเครื่องมือที่ได้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จำนวน 20 คน ที่ลงทะเบียนในภาคการศึกษาที่ 2/2555

## 6. ผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดได้ผลวิจัยดังนี้

### 6.1 ผลการประเมินรูปแบบการเรียนรู้

การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้แบบสตาดี้ (SATADE Model) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้

หัวข้อ	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1.จำนวนของขั้นตอนการสอน	3.6	0.29	มาก
2.ความต่อเนื่องขั้นตอน	3.6	0.27	มาก
3.ส่งเสริมสติปัญญาทางสมอง	3.8	0.21	มาก
4.เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	3.8	0.26	มาก
5.เหมาะสมกับเนื้อหาที่ซับซ้อน	3.8	0.19	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.72	0.48	มาก

จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพในด้านรูปแบบการเรียนรู้สตาดี้ (SATADE Model) ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นคุณภาพของเครื่องมืออยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.72 S.D. เท่ากับ 0.48) ซึ่ง





สามารถนำไปใช้ในการสอนในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างเหมาะสม

### 6.2 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย

การประเมินคุณภาพของเครื่องมือวิจัย สำหรับการเรียนการสอน เรื่อง สมการแมกซ์เวลล์ คลื่นระนาบและกำลังไฟฟ้าของคลื่น ที่พัฒนาขึ้นได้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสม ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

หัวข้อ	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ด้านการจัดการเรียนการสอน	3.67	0.25	มาก
2. ด้านเนื้อหา	3.79	0.26	มาก
3. ด้านสื่องานนำเสนอ	3.50	0.22	มาก
4. ด้านแบบทดสอบ	3.71	0.24	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.72	0.35	มาก

จากตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการเรียนการสอน พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในภาพรวมว่าเครื่องมือมีคุณภาพอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.72 S.D. เท่ากับ 0.35) ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี

### 6.3 ประสิทธิภาพของชุดการสอน

เมื่อนำแผนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้ แบบสตาดี้ (SATADE Model) โดยใช้วิธีหาประสิทธิภาพของเมกุยแกนส์ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของแผนการเรียนการสอน

แบบทดสอบ	คะแนนรวม	$\bar{X}$	คิดเป็น %
ก่อนเรียน (Pretest)	60	15.33	25.55
วัดผลสัมฤทธิ์ (Posttest)	60	37.60	62.66

จากตารางที่ 3 จะพบว่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนจำนวน 20 คน ในการทำแบบทดสอบก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 25.55% และคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 62.66% ดังนั้นการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 1.36 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์ (Maguigans) แสดงว่าการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสตาดี้ (SATADE Model) มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน

ที่กำหนด แต่เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยของผู้เรียนพบว่า มีเพียง 62.66% เนื่องจากเนื้อหาในเรื่องดังกล่าวมีเนื้อหาที่ยาก มีสมการเป็นจำนวนมาก ทำให้ภาพรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนต่ำ งานวิจัยนี้ไม่ได้เปรียบเทียบกับโมเดลการสอนอื่นซึ่งการสอนแบบนี้อาจให้ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนแตกต่างหรือใกล้เคียงกับผลของงานวิจัยนี้ แต่สื่อที่นำมาใช้ประกอบเป็นสื่อที่ผลิตขึ้นเอง ราคาถูกและสามารถสร้างความเข้าใจให้กับผู้เรียนได้

### 6.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

เมื่อนำรูปแบบการเรียนรู้ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาที่ศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ผลการประเมินความพึงพอใจ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การประเมินความพึงพอใจ

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ด้านรูปแบบการเรียนรู้	3.59	0.12	มาก
2. ด้านเนื้อหา	3.90	0.14	มาก
3. ด้านสื่องานนำเสนอ	3.72	0.13	มาก
4. ด้านแบบทดสอบ	3.66	0.16	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.71	0.37	มาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้แบบสตาดี้ (SATADE Model) พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.71 S.D. เท่ากับ 0.37) โดยที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการของการเรียนรู้เพิ่มขึ้น กล้าคิด กล้าทำ และกล้าถาม ตลอดจนจนสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ขึ้นมาจากการทำกิจกรรมภายในกลุ่มย่อย ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

## 7. สรุปผล

งานวิจัยนี้ ได้นำเสนอการออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนบางส่วนของวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เรื่อง สมการแมกซ์เวลล์ คลื่นระนาบและกำลังไฟฟ้าของคลื่น โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้สตาดี้ (SATADE Model) จากนั้นจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและทดลองใช้กับ

ผู้เรียน ซึ่งผลจากการประเมินคุณภาพพบว่า รูปแบบการเรียนรู้ออนไลน์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 3.72$ ) ประสิทธิภาพของแผนการเรียนการสอนเท่ากับ 1.36 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์ และจากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อรูปแบบการเรียนรู้ออนไลน์ในระดับมาก ( $\bar{X} = 3.71$ ) สรุปได้ว่ารูปแบบการเรียนรู้ออนไลน์แบบสตาดี้ (SATADE Model) เหมาะสำหรับการใช้กับรายวิชาที่มีสมการที่ต้องคำนวณมากและเนื้อหาที่ซับซ้อน ดังนั้นสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] สมมาตร ขำเกลี้ยง. “การพัฒนาารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เรื่องการออกแบบและวิเคราะห์วงจรคลื่นระนาบไมโครเวฟ” การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.
- [2] ศรีญย์ ชูคดี. “การพัฒนาารูปแบบการคำนวณวงจรไมโครเวฟในท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยม สำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านวิศวกรรมไมโครเวฟ” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.
- [3] Siqueira, Helena Maria and Melo. Web Technology for Education and Training. In the proceeding of the 14<sup>th</sup> International Workshop on Database and Expert Systems Applications. 2003.
- [4] ทิศนา ขัมมณี. “ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ”. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- [5] พรรณี ชูทัยเจนจิต. “จิตวิทยาการเรียนการสอน” พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : สำนักพิมพ์ส่งเสริมวิชาการ, 2550.
- [6] Hermann, Barry. “Teaching and Learning with Computers: A Guide for College Faculty and Administrators” San Francisco : Jossey-Bass Publishers, 1988.
- [7] วิชรัตน์ อุ่นสะอาด. “การพัฒนาารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยมสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี” การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, 2552.
- [8] วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์, มนต์รี มากสิริกุล. “การพัฒนาเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายสู่ยุคที่ 3” สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม, 2548.
- [9] มาโนช วงศ์ธนบุญช. “โทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 4”, มหาวิทยาลัยรังสิต, 2553.
- [10] กรรณิกา แทนคำ. “อันตรายจากคลื่นโทรศัพท์มือถือ”, สำนักความปลอดภัยแรงงาน, 2553.
- [11] สมศักดิ์ ธนพุทธิวิโรจน์ และ สมศักดิ์ อรรถกิติมากุล. “การพัฒนาและการออกแบบการเรียนการสอนปฏิบัติการวิศวกรรมโทรคมนาคม เรื่องวงจรไมโครเวฟแบบพาสซีฟโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ออนไลน์ PESDEEP”. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 5(2) : 112-121; กรกฎาคม-ธันวาคม 2557.