

ความเข้าใจและการปฏิบัติการสอนตามแนวคิดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี
วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ของครูฟิสิกส์ในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์

PHYSICS TEACHERS' UNDERSTANDINGS AND TEACHING PRACTICES IN
ACCORDANCE WITH SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING AND MATHEMATICS
(STEM) EDUCATION IN A PRE-ENGINEERING SCHOOL

พินธุธิฐ กลิ่นขจร¹ นฤมล ยุตากม² และธีระศักดิ์ วีระภาสพงษ์³
Pinthudit Klinkajorn¹ Naruemon Yutakom² and Teerasak Veerapasong³

¹ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพฯ

² อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพฯ

³ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพฯ

E-mail: mamynooko@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาความเข้าใจของครูผู้สอนฟิสิกส์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ 2) ศึกษาการปฏิบัติการสอนของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ทั้งแผนการสอน วิธีการสอนและสื่อที่ใช้ในการสอนฟิสิกส์ในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ โดยได้ทำการศึกษากับครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ของโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์จำนวน 3 คนในเชิงลึก ระยะเวลาในการศึกษา ปีการศึกษา 2558 โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือแบบบันทึกภาคสนาม ทำการสัมภาษณ์ถึงโครงสร้างและศึกษาเอกสารประกอบการสอนที่เกี่ยวข้อง มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา

ผลจากการศึกษาพบว่าครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์มีการใช้การสอนแบบบรรยายในห้องเรียน การจัดการเรียนการสอนของครูยังไม่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ไม่เน้นการแก้ปัญหาและการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน และมีความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แต่ไม่ทราบว่า จะนำการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในห้องเรียนอย่างไร ดังนั้นผลที่ได้จากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ควรได้รับการพัฒนาความเข้าใจในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ข้อมูลจากการวิจัยนี้นำไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์แบบสะเต็มศึกษาในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ต่อไป

คำสำคัญ

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ การปฏิบัติการสอน ความเข้าใจในการสอนของครู

ABSTRACT

The purpose of this study was to 1) study the physics teachers' understanding about STEM education at pre-engineering school, 2) explore teaching practice of physics teachers including lesson planning, teaching strategies, and instructional media. This research followed 3 physics teachers in-depth. The study was conducted in a term of 2015 academic year. The data was collected by classroom observations, field notes, semi-structured interviews, and teachers' artefact. The inductive approach was used to analyze the data.

The research finding indicated that the physics teachers did lecture-based in their classrooms and did not employ a student-centred strategy. They focused on solving problem and applying knowledge to daily life and physics teachers partially understood STEM education but they did not know how to apply it in their teaching styles. This research result offered some suggestions that physics teachers should develop their knowledge about STEM education and there should be a good plan for physics teachers in developing and implementing STEM in Pre-engineering School. The finding could be applied to develop methods of physics instruction in Pre-engineering School.

Keywords

STEM Education, Pre-engineering school, Teaching practices, Teacher understanding

ความสำคัญของปัญหา

การจัดการศึกษาตามแนวคิดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่มีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นในการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน โดยจุดเริ่มต้นมาจากผลทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) ของสหรัฐอเมริกาตกต่ำ (Bellanca & Brandt, 2010) ซึ่งภายหลังจากสหรัฐอเมริกานำ STEM Education ไปใช้พบว่าสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ (Rachel, 2008) ประเทศต่าง ๆ รวมถึงประเทศไทยให้ความสนใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education เนื่องจาก STEM Education มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชา มีทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ สามารถทำงานกลุ่มได้และนำไปสู่ความเป็นผู้นำทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Bybee, 2010) โดยมุ่งเน้นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพื่อการประยุกต์ใช้ในเชิงวิศวกรรม และใช้เทคโนโลยีเชื่อมโยงความรู้ในทุกศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะ ความสามารถและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคม

ปัจจุบัน และความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 (รักษพล ธนานุวงศ์, 2556; เขมวดี พงศานนท์, 2557; สิริรักษา กิจเกื้อกูล, 2556)

เมื่อพิจารณาสภาพการศึกษาของประเทศไทยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนใน วิชาวิทยาศาสตร์ไม่ได้เท่าที่ควร (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2551) และจากพระราชบัญญัติ การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2545) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2546) ซึ่งมีสาระ หลักเกี่ยวข้องกับการให้ความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การจัดการศึกษาจึงต้องยึดหลัก ว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาได้อย่าง เต็มศักยภาพ จึงควรจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการคิด รู้จักวิเคราะห์ สามารถ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและใช้วิธีการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา ตรงกับความสามารถของ ผู้เรียนและคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความสนใจในวิทยาศาสตร์และมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น แต่พบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังพบ ปัญหาหลายประการ ทั้งในเรื่องวิธีการสอน แนวทางในการจัดการเรียนการสอน การวัดและ ประเมินผลการเรียนรู้ และครูที่ขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดการเรียนการสอน (สำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2555; ญพัธอร บัวฉุน และคณะ, 2559)

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง สสารกับพลังงาน เป็นวิชาที่ต้องอาศัยความเข้าใจ เพื่อที่จะสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวันหรือศึกษาต่อในระดับสูงต่อไป จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าผู้เรียนประสบปัญหาการ เรียนวิชาฟิสิกส์ (อมรรรัตน์ คำบุญ, 2553; สุรพันธ์ ต้นศรีวงษ์ และสุริยาวัธ เสาวคนธ์, 2554) ซึ่งเห็น ได้จากการที่ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้นักการศึกษาจำนวนมากสนใจ ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่เหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อจะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนที่ดีขึ้น

โรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ เป็นโรงเรียนอาชีวศึกษาที่มีหลักสูตรมุ่งเน้นผลิตนักเรียนให้ มีความพร้อมในการที่จะเป็นวิศวกรหรือผู้ปฏิบัติงานในภาคอุตสาหกรรม จากประสบการณ์ของผู้วิจัย ในฐานะของครูคนหนึ่งโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ในรายวิชาฟิสิกส์ โดยเฉพาะในบทเรียนเรื่องไฟฟ้าค่อนข้างต่ำและนักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้ใน บทเรียนไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้ดีเท่าที่ควร แต่ผู้เรียนในกลุ่มนี้เป็นผู้เรียนกลุ่มที่จะต้องนำความรู้ทาง ฟิสิกส์ไปใช้ในการทำงานเชิงอุตสาหกรรม หรือศึกษาต่อทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ใน ระดับสูงต่อไป ประกอบกับหน่วยงานภาครัฐได้กำหนดให้มีการปฏิรูปการศึกษาอย่างต่อเนื่อง จึง สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน แต่เนื่องจากในปัจจุบันการเรียน การสอนฟิสิกส์ในโรงเรียนยังไม่สัมพันธ์สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาเท่าที่ควร เพราะมีแค่ การสอนความรู้ความจำเพื่อใช้ในการสอบเท่านั้น และครูกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับ STEM Education โดยตรง คือกลุ่มครูในโรงเรียนแห่งนี้ ประกอบกับยังไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การพัฒนาการจัดการ เรียนการสอนของครูในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ จึงจำเป็นต้องศึกษาเพื่อสำรวจความเข้าใจ และปฏิบัติการสอนตามแนวคิด STEM Education เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาการจัดการ เรียนการสอนของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์เพื่อให้มีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอน เพื่อ

ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ดีขึ้น เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในการปฏิบัติงานจริงได้ต่อไป

โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดโจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัยไว้ดังนี้

1. ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ของครูผู้สอนฟิสิกส์เป็นอย่างไร
2. สภาพปัจจุบันของการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเข้าใจของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดSTEM Education ในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์
2. เพื่อศึกษาการปฏิบัติการสอนของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ทั้งแผนการสอน วิธีการสอน และสื่อที่ใช้ในการสอนฟิสิกส์ในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกรณีศึกษา โดยนำเสนอข้อมูลในเชิงลึกเพื่อนำเสนอภาพทั่วไปในการปฏิบัติการสอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ และนำเสนอความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ของครูผู้สอนฟิสิกส์ในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์จำนวน 3 คน ในบริบทสภาพจริงในธรรมชาติเพื่อให้สามารถเข้าถึงความจริงที่เกิดขึ้นให้ได้มากที่สุด (Lincoln & Guba, 1985) และไม่ได้มีการจัดกระทำกับตัวแปรกับกลุ่มที่ศึกษา ผลที่ได้จากการวิจัยจึงเป็นการบรรยายสภาพจริง ผ่านการตีความและสร้างข้อสรุปของผู้วิจัยซึ่งข้อมูลทั้งหมดนั้นได้มาจากการสังเกตการปฏิบัติการสอนในชั้นเรียน การสัมภาษณ์และการวิเคราะห์สื่อที่ใช้ในการสอนและแผนการสอน

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 3 คนของโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ในสังกัดกระทรวงศึกษาธิการในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ระยะเวลาในการศึกษาในครั้งนี้ดำเนินการในภาคปลายปีการศึกษา 2558 กลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดจบการศึกษาในระดับปริญญาโทจากคณะวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ 2 คน และสาขาพลังงาน 1 คน เป็นเพศชาย 2 คนเพศหญิง 1 คน ครูทั้งหมดไม่เคยเข้ารับการอบรมหรือผ่านการพัฒนาวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM Education มาก่อน

วิธีการ/เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่ การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง การสังเกตการปฏิบัติการสอน และการวิเคราะห์เอกสารประกอบการสอน โดยใช้การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างในการสัมภาษณ์ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education และความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยแยกออกเป็น 4 องค์ประกอบคือวัตถุประสงค์การสอน

เนื้อหา วิธีการสอนและการวัดและประเมินผลการสอน เครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจ ได้รับการตรวจสอบความตรงจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษาและนักวิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบแก้ไข และเสนอแนะ จากนั้นนำข้อเสนอแนะดังกล่าวมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไข มีการทดลองใช้เพื่อปรับความเหมาะสมของคำถาม ก่อนนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพอีกครั้ง และใช้แบบบันทึกภาคสนามในการบันทึกกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน โดยสังเกตจากสภาพการจัดการเรียนการสอน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาการปฏิบัติการสอนของครูผู้สอนฟิสิกส์ทั้ง 3 คนและความเข้าใจในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ผู้วิจัยสังเกตการจัดการเรียนการสอนในภาคปลายปีการศึกษา 2558 โดยเริ่มสังเกตการสอนในสัปดาห์ที่ 2 ของการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์จากทั้งหมด 15 สัปดาห์ คนละ 5 ครั้งติดต่อกัน ใช้เวลาในการสังเกตครั้งละ 2 ชั่วโมง รวมเวลาสังเกตทั้งหมด 30 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการสังเกตคือแบบบันทึกภาคสนามร่วมกับการบันทึกวีดิทัศน์ในทุกครั้ง เพื่อใช้ในการสังเกตการปฏิบัติการสอนของครูและ บรรยากาศในการสอนระหว่างครูและนักเรียนในห้องเรียน การสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ และจากการเก็บรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน เช่น เอกสารประกอบการสอน เป็นต้น

ในการศึกษาความเข้าใจของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ผู้วิจัยสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education โดยทำการสัมภาษณ์ครูผู้สอนฟิสิกส์เป็นรายบุคคลก่อนการสังเกตการสอนก่อนการสอนในครั้งแรก และสัมภาษณ์เกี่ยวกับการปฏิบัติการสอนโดยแยกออกเป็น 4 องค์ประกอบคือวัตถุประสงค์ เนื้อหา วิธีการสอนและการวัดและประเมินผลในทุกครั้งก่อนและหลังการสอน เครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจคือแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างที่ได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษาและนักวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการสอน การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างและบันทึกภาคสนาม ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เนื้อหา เพื่อศึกษาการปฏิบัติการสอนของครูผู้สอนฟิสิกส์และความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ข้อมูลจากกรณีศึกษาผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลขณะเก็บข้อมูล โดยทำการถอดเทปแบบคำต่อคำจากวีดิทัศน์ คำสัมภาษณ์ของผู้สอนแต่ละคน และแบบบันทึกภาคสนาม จากนั้นนำข้อมูลมาทำการจัดกลุ่มคำหรือประโยคที่มีความหมายคล้ายกัน เข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน มาเรียงตามระยะเวลา ทำการลงรหัสของข้อมูล ลดทอนข้อมูล จัดกลุ่มข้อมูลที่มีความหมายใกล้เคียงกัน และตีความจนกลายเป็นข้อสรุปแบบอุปนัย (สุภางค์ จันทวานิช, 2549)

ผลการวิจัย

โรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ เป็นโรงเรียนที่เปิดสอนนักเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ในสาขาเครื่องกล ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และโยธา ในงานวิจัยนี้ศึกษาครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ที่ปฏิบัติการสอนนักเรียนชั้นปีที่ 2 จำนวน 3 ห้อง ห้องละ 30 คน รวมเป็น 90 คน ดำเนินการศึกษาในภาคปลายปีการศึกษา 2558 ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Selection)

ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ทั้งหมดจบการศึกษาในระดับปริญญาโทจากคณะวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ 2 คน และสาขาพลังงาน 1 คน เป็นเพศชาย 2 คน เพศหญิง 1 คน ครูทั้งหมดไม่เคยเข้ารับการอบรมหรือผ่านการพัฒนวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education มาก่อน เพื่อเป็นการปกป้องความเป็นส่วนตัวของตัวของกลุ่มที่ศึกษา จึงใช้นามแฝงแทน ด้วยเหตุผลทางด้านจริยธรรมของการวิจัย สิ่งที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้สามารถแยกออกเป็น 2 ประเด็นคือ การปฏิบัติการสอนฟิสิกส์ และเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ซึ่ง มีดังนี้

การปฏิบัติการสอนของครูผู้สอนฟิสิกส์

การนำเสนอผลการวิเคราะห์การปฏิบัติการสอนของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ มาจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างและการสังเกตการปฏิบัติการสอนของครูผู้สอนฟิสิกส์

1. การวางแผนการสอน

1.1 จุดประสงค์ของการสอน

จากตัวอย่างการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เกี่ยวกับองค์ประกอบในการจัดการเรียนการสอนพบว่า ครู 2 ใน 3 คนมีการกำหนดจุดประสงค์ในแต่ละครั้งว่าต้องการสอนเรื่องใด ส่วนครู 1 ใน 3 คนมีการเขียนแผนการสอนในระยะยาวซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหาที่จะสอนและระยะเวลาในการสอนแต่ละหัวข้อ ครูทั้ง 3 คนใช้การสอนแบบบรรยายและประเมินผลความเข้าใจของนักเรียนโดยการถามคำถามหรือทำการทดสอบย่อย กล่าวโดยสรุปคือครูทั้ง 3 คนมีเป้าหมายในการสอนที่คล้ายกันคือ ต้องการให้นักเรียนรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เพื่อใช้ในการสอบแข่งขันเป็นหลัก เช่น จากการสัมภาษณ์ก่อนการสอนครูริสาและครูทิมได้กล่าวว่า นักเรียนจะต้องเรียนรู้เนื้อหาให้ได้มากที่สุด เพื่อที่จะสามารถทำให้ได้สอบได้คะแนนที่ดี ครูทิมมีการวางแผนในการสอนให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชาควบคู่ไปกับการให้นักเรียนสามารถทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม แต่จากการสังเกตการสอน ครูทิมไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมหรือการทดลองร่วมกัน มีเพียงให้ทำแบบฝึกหัดร่วมกันเป็นครั้งคราว และพบว่าจากการสัมภาษณ์ครู 2 ใน 3 คนมีการกำหนดเป้าหมายในการสอนแต่ละครั้งว่า จะทำการสอนเรื่องใด ส่วนครู 1 ใน 3 คนมีการกำหนดแผนการสอนในระยะยาวตลอดทั้งเทอม โดยมีการวางแผนว่าแต่ละสัปดาห์จะสอนหัวข้อใด และจะใช้เวลาในการสอนเท่าใด

1.2 เนื้อหา

ครูทั้ง 3 คนสอนเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องไฟฟ้าโดยใช้เอกสารประกอบการบรรยายเป็นหนังสือแบบเรียนที่อ้างอิงเนื้อหาจากหนังสือของ สสวท. ตัวอย่างเช่น เมื่อสอนเรื่องวงจรไฟฟ้า มีการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน เป็นต้น

1.3 สื่อและวิธีการสอน

จากการสังเกตการปฏิบัติการสอนสามารถสรุปได้ว่า ครูทั้งสามคนใช้การสอนแบบบรรยายเป็นหลัก มีการใช้คำถามในระหว่างการสอนการตั้งคำถามส่วนมากยังใช้เป็นคำถามปลายปิด และขาดการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ทำการทดลองหรือลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการสรุปความรู้ การสอนของครูไม่มีการเชื่อมโยงความรู้เนื้อหาเข้ากับชีวิตจริงหรือสอนให้รู้จักการแก้ปัญหา มีการใช้กิจกรรมการปฏิบัติการสอนที่ไม่หลากหลาย

ครูริसानำเข้าสู่บทเรียนด้วยการทบทวนความรู้เดิม ใช้คำถามเกี่ยวกับหัวข้อที่เรียนไปในสัปดาห์ก่อนแต่มักตอบคำถามเองไม่มีช่วงเวลารอคำตอบของนักเรียน มักใช้เป็นคำถามปลายปิดที่เน้น

ความรู้ความจำของนักเรียน สอนแบบบรรยายเป็นหลักโดยเขียนสมการบนกระดานแล้วบอกขั้นตอนในการแก้โจทย์แบบฝึกหัดพร้อมทั้งแสดงวิธีการให้นักเรียนจดตาม มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและซักถามในระหว่างการสอน

ครูนี้หน้าเข้าสู่บทเรียนโดยการบอกเนื้อหาที่ต้องการสอน บางครั้งมีการสาธิตหรือมีการนำตัวอย่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาให้นักเรียนดูเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน แต่ไม่ได้ให้นักเรียนลงมือทดลอง เช่นในการสอนแนวคิดเรื่องการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนาน ครูนี้ทำการสาธิตการต่อหลอดไฟให้นักเรียนดู ใช้การสอนแบบบรรยายตามหนังสือเป็นหลัก จากการสังเกตการสอน ครูนี้มีการแสดงขั้นตอนการแก้โจทย์แบบฝึกหัดบนกระดานจากนั้นจึงให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเอง และครูนี้จะเดินดูนักเรียนตามโต๊ะ

ครูนี้หน้าเข้าสู่บทเรียนโดยการพูดถึงข่าวหรือประเด็นที่น่าสนใจก่อนเริ่มการสอน เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนแต่ไม่เกี่ยวกับเรื่องที่จะทำการสอน ถามถึงเรื่องที่เรียนในสัปดาห์ที่แล้วโดยใช้คำถามภาพรวมทั้งห้องไม่ได้เรียกตอบเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม และจากการสังเกตการสอนพบว่าครูนี้ใช้การสอนแบบบรรยายตามหนังสือเรียนเป็นหลักโดยใช้แผ่นใสเป็นสื่อในการสอน

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ครูทั้ง 3 คนไม่สร้างความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นให้นักเรียน ใช้คำถามความรู้ความจำ แต่ครูมีความเอาใจใส่ในการเรียนของนักเรียนโดยเดินสังเกตและตอบข้อสงสัย แต่ขาดการนำให้นักเรียนเป็นผู้สรุปความรู้ โดยครูเป็นผู้สรุปด้วยตนเอง

1.4 การวัดและประเมินผล

ครูทั้งสามมีการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด และทำแบบทดสอบเป็นหลัก เป็นการประเมินความรู้ความเข้าใจแบบอัตนัย แต่ไม่ได้มีการประเมินทักษะด้านต่าง ๆ ของนักเรียน

2. การปฏิบัติการสอน

จากการสังเกตพบว่าครูทั้ง 3 คนมีการจัดการเรียนการสอนในลักษณะบรรยาย โดยมีการเขียนกระดานและใช้การฉายสไลด์เพื่อประกอบการบรรยายเป็นบางครั้ง มีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อนการเรียนการสอนในแต่ละครั้ง โดยครูบางคนมีการตรวจสอบเฉพาะเนื้อหาที่นักเรียนเรียนมาในสัปดาห์ก่อนหน้าว่านักเรียนจำได้หรือไม่ ส่วนใหญ่มักใช้คำถามว่า “อะไร” ซึ่งบางเนื้อหาที่ครูทบทวนความรู้เดิมนั้นไม่ได้นำมาใช้ในการเรียนการสอนในคาบที่กำลังจะเรียน ตัวอย่างเช่นในการนำเข้าสู่บทเรียนของครูผู้สอน 1 ใน 3 คนขณะสอนเรื่องวงจรไฟฟ้า ครูนำภาพเกี่ยวกับส่วนประกอบในวงจรไฟฟ้ามาให้นักเรียนดู แล้วตั้งคำถามกับนักเรียนว่า “ภาพที่เห็นเป็นภาพอะไรบ้าง” เมื่อนักเรียนดูภาพก็สามารถตอบคำถามได้ ครูทั้ง 3 คนให้ความสำคัญกับแนวคิดหรือเนื้อหา ให้นักเรียนจดตามที่สอน มีเพียงครู 1 ใน 3 คนที่มีการนำตัวอย่างของอุปกรณ์มาสาธิตให้นักเรียนดู แต่ไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการทดลองสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามครูทั้ง 3 คนไม่มีการสอดแทรกการนำความรู้ที่เรียนไปประยุกต์ใช้ หรือการสอดแทรก STEM Education ลงในแผนการจัดการเรียนรู้และในการสอนแต่ละครั้ง ภายหลังจากการเรียนในแต่ละครั้ง ครูผู้สอนไม่ได้นำให้นักเรียนเป็นผู้สรุปข้อความรู้ในเรื่องที่เรียน เพราะครูเป็นผู้สรุปเนื้อหาให้นักเรียนฟังเท่านั้น

ความเข้าใจของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

จากการสัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการศึกษาตามแนวคิด Education มีประเด็นหลักในการสัมภาษณ์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของครูคือ 1) STEM Education คืออะไร 2) ลักษณะของ STEM Education กับการสอนฟิสิกส์เป็นอย่างไร 3) STEM Education มีความสำคัญต่อระบบการศึกษาอย่างไร 4) ทักษะที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาตามแนวคิด STEM Education เป็นอย่างไร 5) การนำ STEM Education มาใช้ในชั้นเรียน จากการสัมภาษณ์พบว่า ครูผู้สอนฟิสิกส์มีความเข้าใจที่ถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับการจัดการศึกษาตามแนวคิด STEM Education จากตัวอย่างเมื่อสัมภาษณ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education พบว่าครู 2 ใน 3 คนเคยได้ยิน STEM Education มาก่อนแต่ไม่ทราบว่าว่ามีลักษณะการจัดการเรียนการสอนอย่างไร มีเพียงครู 1 คนที่รู้จัก STEM Education มาก่อนและพอจะทราบว่า STEM Education มีลักษณะการจัดการเรียนการสอนและเกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะของนักเรียน และเมื่อถามถึงการนำ STEM Education มาใช้ในห้องเรียนครูทั้ง 3 คนยังไม่ทราบว่าจะนำ STEM Education มาใช้ในการสอนได้อย่างไร แต่เมื่อภายหลังจากผู้วิจัยได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education แก่ครูทั้ง 3 คนพร้อมกับนำตัวอย่างของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education มาให้ครูทั้งหมดได้ดู ครูทั้งหมดให้ความสนใจเพราะคิดว่า STEM Education เหมาะสมกับเป้าหมายของนโยบายในการผลิตนักเรียนของโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ และคิดว่านักเรียนน่าจะมีความสนใจในการเรียนฟิสิกส์มากขึ้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

กล่าวโดยสรุปว่าเมื่อครูได้ทราบว่าการจัดการศึกษาตามแนวคิดการศึกษา STEM Education คืออะไรครูผู้สอนฟิสิกส์ทั้ง 3 คน มีความสนใจเกี่ยวกับการจัดการศึกษาตามแนวคิดการศึกษา STEM Education แต่ครูทั้งหมดยังไม่ทราบว่าจะนำการจัดการเรียนการสอนในลักษณะนี้ไปใช้ในห้องเรียนอย่างไร จากข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าควรมีการให้ความรู้แก่ครูเพื่อให้มีความเข้าใจและจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการศึกษา STEM Education ได้อย่างเหมาะสม

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปฏิบัติการสอน และศึกษาความเข้าใจของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ผลจากข้อมูลการสังเกตการปฏิบัติการสอนพบว่าครูทั้ง 3 คนมีการจัดการเรียนสอนในลักษณะบรรยายตามแบบเรียน เน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเพื่อใช้ในการสอบแข่งขันเป็นหลัก ขาดการเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ทำการทดลองและลงมือ ปัญหาในการสอนที่ครูทั้ง 3 คนให้ความเห็นตรงกันคือเนื้อหาที่ต้องสอนมีปริมาณมากขณะที่เวลาจำกัดจึงไม่สามารถให้นักเรียนได้ทำการทดลองหรือลงมือปฏิบัติได้ นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนการสอนไม่ส่งเสริมให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิด แก้ปัญหา หรือทำงานร่วมกัน ครู 2 ใน 3 คนมักใช้คำถามปลายปิดและครูมักตอบคำถามเองโดยไม่ให้เวลานักเรียนในการคิด ครูมีการเรียกตอบคำถามเป็นแต่จะเน้นเพียงคำตอบของนักเรียนที่ตอบถูกต้อง ไม่ได้ทำการตรวจสอบเหตุผลหรือความคิดของนักเรียนที่ตอบผิด ครูประเมินผลการเรียนรู้จาก

แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบไม่ได้ประเมินทักษะทางด้านอื่นของนักเรียนเช่น ทักษะทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ในเรื่องประเด็นความเข้าใจในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education พบว่าครูส่วนใหญ่ไม่ทราบว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM Education เป็นอย่างไร มีเพียงบางคน ที่รู้จักแต่ไม่ทราบว่า จะนำไปใช้ในการสอนในห้องเรียนได้อย่างไร และครูทั้งหมดไม่ทราบว่า จะนำ STEM Education ไปใช้ในห้องเรียนได้อย่างไร

ข้อเสนอแนะ

จากหลักฐานทั้งหมดพบว่าครูเน้นที่จะสอนเนื้อหาสาระของวิชาเป็นหลัก จึงทำให้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนเน้นการบรรยายซึ่งมีการอธิบายความรู้ให้นักเรียนฟังและจดตาม แนวการสอนของครูทุกคนมีรูปแบบที่คล้ายกันคือ 1. พูดคุยถึงเรื่องทั่วไปในชีวิตประจำวัน 2. เข้าสู่บทเรียนโดยการบรรยายเนื้อหา 3. ครูสรุปสาระสำคัญของเนื้อหาในขณะที่บรรยายเสร็จ จากงานวิจัยที่ผ่านมากล่าวว่าการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดีควรมีรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีกระบวนการสืบเสาะความรู้ด้วยตนเอง มากกว่าการฟังบรรยายความรู้เท่านั้น และควรใช้วิธีการประเมินผลที่หลากหลาย (นฤมล ยุตาคม และพรทิพย์ ไชยโส, 2550) นอกจากนี้พบว่า ในการจัดการเรียนการสอนของครูทั้งหมดยังขาดการสอนที่เชื่อมโยงความรู้ในห้องเรียนกับชีวิตประจำวัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้ครู นักพัฒนาหลักสูตร ตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนาครูให้สามารถจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ได้ สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนให้นำนวัตกรรมจัดการศึกษาตามแนว STEM Education มาปรับใช้เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงทางการศึกษา สังคมและอาชีพในศตวรรษที่ 21 (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557) โดยเฉพาะในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งมุ่งเน้นที่จะผลิตนักเรียนผู้ที่มีความสนใจทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนตามแนว STEM Education ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้มีการแก้ปัญหา วิเคราะห์ รวมถึงมุ่งเน้นการทำงานเป็นทีม เพื่อทำให้เกิดการพัฒนาความรู้ โดยเชื่อมโยงเนื้อหาที่มีการจัดการเรียนรู้ในช่วงโมเรียนปกติเข้ากับสถานการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ โดยไม่ได้เข้าไปเพิ่มเติมจนเป็นส่วนเกินของหลักสูตร (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) กล่าวคือมีการจัดการเรียนรู้ที่กลมกลืนและมีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา (อภิสิทธิ์, ธงไชย 2555) เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ช่วยในการส่งเสริมให้มีการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม มุ่งแก้ไขปัญหที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และอาจนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อไปได้

สำหรับในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเป็นรูปแบบการศึกษาที่สอดคล้องกับเป้าหมายในการเตรียมความพร้อมให้แก่ นักเรียน ในการเป็นวิศวกรในอนาคต การให้ความรู้ความเข้าใจแก่ครูซึ่งเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการศึกษาจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อให้ครูมีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถที่จะพัฒนา นักเรียนให้เกิดการเรียนรู้จากการเรียนแบบลงมือทำหรือปฏิบัติ แล้วการเรียนรู้ก็จะเกิดด้วยตนเอง (วิจารณ์ พานิช, 2555) นักเรียนก็จะสามารถนำความรู้ และทักษะไปใช้การแก้ปัญหา สร้างสรรค์และพัฒนาได้ต่อไป แต่เนื่องจากครูผู้สอนฟิสิกส์ในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ยังขาดการได้รับความรู้

และความเข้าใจในการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสม และสอดคล้องกับการเป้าหมายของการจัดการศึกษาที่ต้องการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ จึงควรมีการให้ความรู้อบรม หรือพัฒนาความรู้ความเข้าใจ ให้สามารถจัดการเรียนรู้และปฏิบัติการสอนได้อย่างเหมาะสมต่อไป

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- เชมวดี พงศานนท์. (2557). STEM Education การปฐมนิเทศผู้รับทุนโครงการ สควค. ระดับปริญญาโททางการศึกษา (ประเภท Premium) ปีการศึกษา 2557: 1-4.
- ณพัชร บัวฉวน, นฤมล ยุตาคน และ พจนารถ สุวรรณรุจิ. (2559). สภาพการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต หมวดวิชาศึกษาทั่วไป. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์**. 11(2): 97-109.
- นฤมล ยุตาคน และ พรทิพย์ ไชยโส. (2550). **การพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ประจำการเพื่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการเรียนรู้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542**. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รักษพล ธนानวงศ์. (2556). รายงานสรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ STEM Education. สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2559. จาก <http://www.slideshare.net/focusphysics/stem-workshop-summary>.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ : มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2551). **ยุทธศาสตร์การพัฒนาคุณภาพการศึกษา:ระเบียบวาระแห่งชาติ (พ.ศ. 2551-2555)**. กรุงเทพฯ : พรักหวานกราฟฟิค.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2555). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542**. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- สุพรรณิ ขาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. **นิตยสาร สสวท สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 42(186): 3-5.
- สุภางค์ จันทวานิช. (2549). **วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2556). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้ (ตอนที่ 2). **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 15(2): 137-142.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION). **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 17(2) : 201-207.
- สุรพันธ์ ตันศรีวงศ์ และสุริยาธู เสาวคนธ์. (2554). การพัฒนาชุดสื่อประสมสำหรับการสอนทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ. **วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, 2(1), 21-28.

- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2555). **สรุปการบรรยายพิเศษเรื่อง Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education: Preparing students for the 21st Century.** สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2559.
- อมรรัตน์ คำบุญ. (2553). **การศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องระบบอนุภาคระดับอุดมศึกษาของวิทยาลัยราชพฤกษ์.** มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์, กรุงเทพฯ.
- Bellanca, J., & Brandt, R. (2010). **21st Century skills rethinking how students learn.** Bloomington, Solution Tree Press.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education : A 2020 Vision. **Technology and Engineering Teacher.** 30-35.
- Lincoln, Y. S., and Guba, E. G. (1985). **Naturalistic inquiry,** Newbury Park, CA:Sage.
- Rachel, B. J. (2008). **Science, technology, engineering, and math.** Retrived July 28, 2016, from <http://www.learning.com/press/pdf/Science-Technology-Engineering-Mathematics-STEM-Report.pdf>.