

STEM Education กับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักศึกษา วิชาชีพครูให้มีคุณลักษณะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0

STEM Education and Learning Management for Teacher Student to
Provide 21st Century Learner's Characteristics Under Thailand Policy 4.0

ชวนิดา สุวานิช*

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับ STEM Education กับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครูให้มีคุณลักษณะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0 โดยให้มีสมรรถนะที่สอดคล้องกับการนำไปใช้ในการสร้างผลสัมฤทธิ์ให้กับสถาบันการศึกษาที่ผลิตนักศึกษาวิชาชีพครูให้มีแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน STEM Education ซึ่งการนำ STEM Education มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน จะเป็นการประยุกต์การสอนด้วยศาสตร์ จำนวน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการจัดการเรียนการสอนจนผู้เรียนสามารถพัฒนาวัตกรรมขึ้นได้จนกลายเป็นเทคโนโลยี โดยการพัฒนานั้นมีความต่อเนื่องไป ต่อมาเมื่อนำเทคโนโลยีมาบูรณาการกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จึงเกิดนวัตกรรมใหม่ทางการศึกษา ต่อยอดไปเรื่อย ๆ ซึ่งคุณลักษณะของผู้เรียนในยุค 4.0 นี้ จะมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนจะต้องเป็น Active Learning มีความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์ คิดเชิงสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ มีเหตุมีผล มีความสามารถในการทำงานเป็นทีมร่วมกัน ตลอดจนมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองทั้งในขณะเรียนและเมื่อประกอบวิชาชีพต่อไปในอนาคตได้

Abstract

This article aims to analyze STEM education and learning management to develop teacher students to provide 21st century learner's characteristics under Thailand policy 4.0. Also improve their capabilities which corresponding to application in the achievement for educational institutions by provide guidelines for the development of teaching and learning STEM education. The using of STEM education in learning management is to apply the teaching with 4 various fields including; Science, Technology, Engineering and Mathematics, to integrate in the teaching and

* อาจารย์ ดร. ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีการศึกษาและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

learning until the students able to continuing develop innovation into a technological. Further, integrate technology with science and mathematics to generate novel innovative in education.

The attributes of 4.0 era students consistent with 21th century student, which are active learner, analytical thinking, creative thinking, thoughtfulness, reasonable, ability work as a team and also skill in technology using to get knowledge to improve their learning both in class and after educated.

บทนำ

รัฐบาลมีนโยบายประเทศไทย 4.0 โดยมีแนวทางการส่งเสริมการจัดการศึกษาตามแนวทาง STEM Education ซึ่งนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรมให้สอดคล้องกับสถานการณ์ของปัจจุบันและนำไปสู่การแข่งขันในระดับโลก 21 ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (Breiner et al., 2012) ซึ่งในส่วนหนึ่งนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับนักศึกษาวิชาชีพครูให้มีคุณลักษณะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีบทบาทในการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนในสถาบันการศึกษาต่างๆ ดังนั้นจึงต้องพัฒนาตนเองให้มีคุณภาพควบคู่ไปกับการศึกษาค้นคว้าเรียนรู้ที่จะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ปัญหาและหากจะพิจารณาถึงสภาพการพัฒนาวิชาชีพนักศึกษาวิชาชีพครูในระยะที่ผ่านมาจากรายงานของสำนักงานโครงการพิเศษเพื่อการปฏิรูปการฝึกหัดนักศึกษาวิชาชีพครูและบุคลากรทางการศึกษา (สปศ.) ที่ระบุว่าสภาพวิชาชีพของนักศึกษาครูกำลังประสบปัญหาจากระบบการผลิตและพัฒนาไม่มีมาตรฐานวิชาชีพส่งผลให้การผลิตนักศึกษาวิชาชีพครูขาดทิศทางที่ชัดเจนได้รับการพัฒนาน้อยและดำเนินการภายใต้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นภาคทฤษฎีเนื้อหาและการเรียนในชั้นเรียนมากกว่าการฝึกปฏิบัติ (พรทิพย์ ศิริวัทราชัย, 2556) การจัดการเรียนการสอนไม่เน้นการสร้างสรรค์ให้ได้คิดวิเคราะห์หรือศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองและส่วนใหญ่ใช้วิธีการสอนแบบเดิมมากกว่าการติดตามความก้าวหน้าใหม่ๆ หรือสร้างองค์ความรู้เพื่อนำมาปรับปรุง

กระบวนการฝึกประสบการณ์วิชาชีพให้กับนักศึกษาวิชาชีพครูทำให้บัณฑิตครูเหล่านั้นไม่สามารถเรียนรู้และพัฒนาวิชาชีพของตนให้เหมาะสมเพราะการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาวิชาชีพครูยังขาดความมีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มพูนสมรรถภาพที่สำคัญ เช่น การสร้างนวัตกรรมการศึกษาที่เกี่ยวกับ การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน การพัฒนาสื่อการสอนในรูปแบบต่าง ๆ ตามสาระความรู้วิชา หรือ การคิดออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์ เป็นต้น ซึ่งการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครูจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อให้มีผู้เรียนมีคุณลักษณะในศตวรรษที่ 21 และส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดระบบการฝึกหัดนักศึกษาวิชาชีพครูที่ดี (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2559) ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายประเทศที่กำลังมุ่งเน้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถไปถึงจุดที่สามารถสร้างนวัตกรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม

สะเต็มศึกษา (STEM Education) บริบทของประเทศไทย

“สะเต็ม” หรือ “STEM” ของศาสตร์ 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่เป็นองค์ความรู้ทางวิชาการของศาสตร์ทั้งสี่ที่มีความเชื่อมโยงกันมาบูรณาการเข้าด้วยกัน (Breiner et al., 2012) โดย

ถูกใช้ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Science Foundation: NSF) (National Research Council, (2012) ที่เน้นการนำความรู้ ไปใช้พัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่ช่วยผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงกับชีวิตจริงและการทำงาน STEM Education ไม่เน้นเพียงการท่องจำ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจผ่านการปฏิบัติควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถามและวิเคราะห์หาข้อค้นพบใหม่ในการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะ 5 ประการได้แก่ 1) เป็นการสอนที่บูรณาการ 2) ช่วยสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 ศาสตร์ 3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4) ทำทลายความคิดของผู้เรียนและ (5) เปิดโอกาสให้ทุกคนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาโดยจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิชา รวมทั้งสามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน (Vasquez, Sneider and Comer, 2013: 12) สำหรับบริบทในประเทศไทยสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(สสวท.) ได้นำแนวคิดในเรื่องของ STEM Education มาเผยแพร่เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการศึกษา โดย STEM Education มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ประเทศไทยมีเพียงหลักสูตรการสอนที่แบ่งเป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้ เช่น วิทยาศาสตร์, เทคโนโลยี และ คณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ปรากฏอย่างชัดเจนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน อาจจะมีลักษณะเป็นเพียงแค่การสอดแทรกอยู่เท่านั้น ทำให้ขาดความชัดเจน ความต่อเนื่องและความสอดคล้องกันของแต่ละกลุ่มสาระ จึงทำให้ไม่มีแนวทางให้นำไปจัดการเรียนการสอนได้

2. ขาดความพร้อมด้านสื่อการสอน บทเรียน กระบวนการวัดและประเมินผลที่ชัดเจน จะทำให้การจัดการเรียนการสอนแบบ STEM Education ประสบความสำเร็จได้ยาก

3. อาจารย์ผู้สอนไม่มีความสามารถ ไม่มี ความชำนาญและความรู้เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องมีการเตรียมการศึกษาและวางแผนการดำเนินงาน STEM Education ให้ชัดเจน มีการอบรมให้ความรู้แก่อาจารย์ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีบูรณาการ เนื่องจากแผนการพัฒนาอาจารย์ที่ดีและชัดเจน จะมีส่วนที่ทำให้ผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอนเข้าใจและสามารถนำไปสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การรวมเนื้อหาและประสบการณ์ให้มีการบูรณาการในระดับที่สูงขึ้นเป็นไปได้ยาก

STEM Education มุ่งส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม (O'Neil et al., 2012) ซึ่งผู้เรียนจะมีความพร้อมที่จะนำไปปฏิบัติงานต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในอนาคตให้สูงขึ้น และจะเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) เช่น 1) ด้านปัญญาให้สามารถเข้าใจเนื้อหา 2) ด้านทักษะการคิดขั้นสูง การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงสร้างสรรค์ และ 3) ด้านคุณลักษณะของผู้เรียนให้สามารถมีทักษะการทำงานที่มีประสิทธิภาพ

ดังนั้น STEM จึงเป็นมากกว่าการบูรณาการ โดยทั่วไป แต่จะต้องเป็นการผสมผสาน เชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และ เทคโนโลยี ด้วย เป็นกระบวนการให้ได้คำตอบออกมาเป็นชิ้นงาน วิธีการหรือกระบวนการที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในทางปฏิบัติ เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้เรียนควรที่จะต้องฝึกฝนอื่นใด เพราะเป็นพื้นฐานที่จะนำไปสู่กระบวนการของ STEM Education ที่จะเข้ามาช่วยเติมเต็มให้ผู้เรียนได้คิดและเห็นว่าจะนำความรู้จากการเรียนไปใช้ในการสร้างมูลค่าซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ระบุปัญหาจากกิจกรรม ระบุเป้าหมายของ

การแก้ปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหา แสดงให้เห็นถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นจากการสังเกตสิ่งแวดล้อม สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์รอบตัว เพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งที่สนใจและการแก้ปัญหาที่ต้องการแก้ไขหรือพัฒนาให้ดีขึ้น โดยเลือกเฉพาะปัญหาที่เฉพาะเจาะจง ไม่กว้างจนเกินไปนำมากำหนดเป็นจุดประสงค์ในการดำเนินงานที่ชัดเจน จากนั้นจึงใช้การศึกษาวิจัยและพัฒนาเป็นขั้นตอนที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์ เข้ามาช่วยในการดำเนินงานให้ได้ต้นแบบของชิ้นงาน วิธีการหรือกระบวนการ ที่สร้างขึ้นมาจากจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ อย่างเป็นระบบ กล่าวคือ ต้นแบบของชิ้นงานที่สร้างขึ้นนั้นเพื่อตอบสนองต่อปัญหาในตอนแรก แล้วจึงนำไปทดสอบด้วยการทดลองใช้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่เกิดขึ้นว่ามีสิ่งใดที่จะต้องปรับปรุง แก้ไขจนเสร็จสมบูรณ์แล้วจึงทำการประเมินผลต่อไป กระบวนการทั้งหมดจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักร

การจัดการเรียนการสอน STEM Education สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี สู่โลกจริง
2. สืบเสาะหาความรู้
3. การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน
4. การสร้างสรรค์ชิ้นงาน
5. การบูรณาการเทคโนโลยี
6. การมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21
7. การสร้างการยอมรับและการมีส่วนร่วมจากชุมชน
8. การสร้างการสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่น
9. การเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการ
10. การเรียนรู้ตามอัธยาศัย

สะเต็มศึกษา (STEM Education) กับการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

STEM Education เป็นการต่อยอดหลักสูตร

ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 แนวทางการนำมาใช้ให้บรรลุวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องคำนึงถึง การทำความเข้าใจให้เข้าถึงแนวทางที่ถูกต้อง ที่เน้นให้ได้ลงมือปฏิบัติโดยมองปัญหาที่ต้องการจะปรับปรุง และสิ่งที่ต้องการประดิษฐ์สามารถเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้จากการลงมือปฏิบัติ ทำงานเป็นกลุ่ม อภิปรายนำเสนอ แนวทางการเรียนรู้ที่เป็นแบบ Project Based Learning โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ที่มีการสร้างชิ้นงานหรือโครงงานที่เกิดจากการนำความรู้ ความเข้าใจใน 4 วิชาหลักมาบูรณาการ เช่น คณิตศาสตร์ที่ถือว่าเป็นศาสตร์พื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้ Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ เป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาผสมผสานกันให้เกิดความรู้ใหม่เพื่อใช้ในการออกแบบ ประดิษฐ์จากสิ่งที่มีอยู่เดิม Technology หรือ เทคโนโลยี เป็นการนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ออกแบบประดิษฐ์เป็นชิ้นงานหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการหรือความสนใจแล้วสามารถนำไปใช้ได้จริง รวมถึง Innovation หรือ นวัตกรรม ซึ่งเกิดจากการนำสิ่งทั้งหมดมาประยุกต์ ดัดแปลง ผสมผสาน คิดต่อยอดเป็นสิ่งใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) (กระทรวงศึกษาธิการ. 2559) มีข้อมูลที่แสดงว่า STEM Education เป็นนโยบายปฏิรูปการศึกษาที่สำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ผู้ปฏิบัติสามารถนำไปดำเนินงานได้อย่างสัมฤทธิ์ผลให้ประสบความสำเร็จจะประกอบด้วย

1. Recruit the Best Teachers คือ การจ้างครูที่เก่งหรือครูที่ดีที่สุดมาทำการสอน ดังจะเห็นได้จากประเทศที่มีครูเก่งและประสบความสำเร็จด้านการศึกษา เช่น ฟินแลนด์, สิงคโปร์ และเกาหลีใต้

เป็นต้น สำหรับประเทศไทยคนที่จะเป็นครูได้ต้องจบ การศึกษาจากคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์และ ต้องมีใบประกอบวิชาชีพครู และยังมีเงื่อนไขอื่น ๆ อีกหลายประการที่ทำให้ผู้ที่มีความรู้และความสามารถ แต่ไม่ได้จบครูไม่สามารถประกอบอาชีพครูได้ ดังนั้น การเปิดโอกาสให้คนที่ไม่ได้จบครูมาเป็นครูได้ อาจ จะเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่สามารถพัฒนาคุณภาพการ เรียนการสอนของไทย

2. Reform Curriculum Coherence คือ การจัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนให้มีความ สอดคล้องและเชื่อมโยงเป็นสิ่งสำคัญที่สุด กล่าวคือ การเชื่อมโยงกันของการจัดทำหลักสูตร (Curriculum), ตำราเรียน (Textbooks), การเรียนการสอน (Teaching and Learning), การฝึกปฏิบัติของครูผู้สอน (Teachers Coaching) ตลอดจนการวัดผลและประเมินผล (Assessment) จะทำให้การจัดการศึกษาสัมฤทธิ์ผล ได้ ซึ่งครูต้องมั่นใจว่าได้สอนเนื้อหาแต่ละวิชาอย่าง ถูกต้องและมีความเป็นสากล เพื่อให้ให้นักเรียนมีความ รู้ลึกซึ้งจริงและสามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย อีกทั้งสถานศึกษาต้องให้ความสำคัญกับตำราเรียน เนื่องจากตำราเรียนแบบดิจิทัลกับตำราเรียนแบบเป็น เล่มมีความแตกต่างกัน อีกทั้งการศึกษาวิจัยพบว่า หนังสือแบบ E-Book มียอดขายลดลง เพราะผู้ที่อ่าน หนังสือแบบ E-Book จะจดจำรายละเอียดและเข้าใจ เนื้อหาต่าง ๆ ได้น้อยกว่าผู้ที่อ่านหนังสือแบบเป็นเล่ม

การจัดการเรียนรู้ด้วย STEM Education จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการใช้ความรู้ และกระบวนการเป็นเครื่องมือสำหรับการสร้าง ประสบการณ์ของตนเองจากความอยากรู้อยากเห็น สร้างสรรค์สร้างคำถามให้เกิดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่จะส่งเสริมความสามารถเพื่ออธิบาย ปรากฏการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน การสอนที่มุ่งเน้นให้สามารถนำเอาความรู้ทักษะและ ประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา ในชีวิตจริงเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและ

การประกอบอาชีพในอนาคต (สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2557: 3) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ สามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถใน การแก้ปัญหาที่กล่าวข้างต้นควรจัดการเรียนสอนให้ นักศึกษาวิชาชีพครู ได้เรียนองค์ความรู้ผ่านการลงมือ ปฏิบัติจริงซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) สามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ ในการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ หรือนวัตกรรม

อนาคตภาพของการจัดการเรียนรู้วิชาชีพ นักศึกษาวิชาชีพในทศวรรษหน้าต้องทำให้คุณลักษณะ ของนักศึกษาวิชาชีพครู มีความพึงประสงค์ในด้านที่ สำคัญประกอบด้วย

1. ด้านความรู้ในวิชาชีพได้แก่ความรู้ใน ด้านผู้เรียนการวิจัยการวัดและประเมินผลจิตวิทยา หลักการศึกษากิจการการเรียนรู้และการจัดการเรียน การสอน

2. ด้านคุณลักษณะของความเป็นครูได้แก่ คุณธรรมจริยธรรมบุคลิกภาพและจรรยาบรรณ

3. ด้านทักษะครูได้แก่การจัดการเรียนรู้ การวิจัยการคิดวิเคราะห์และสร้างสรรค์ ความสามารถในการสร้างนวัตกรรมการศึกษาที่มาจากการวิจัยเชิง ปฏิบัติการในชั้นเรียนทักษะทางด้านภาษาอังกฤษ ทักษะการด้านความเป็นผู้นำและการแนะแนว

ดังนั้นการมุ่งพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครูให้ สามารถปฏิบัติหน้าที่ในฐานะผู้สอนที่เชี่ยวชาญใน เรื่องการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ สร้าง นวัตกรรมการศึกษา ตลอดจนความสามารถในการ แสวงหาความรู้ด้วยวิทยาการใหม่ ๆ เพื่อเป็นการ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จนนำไปสู่การเรียน การสอนมีประสิทธิภาพนั้น ควรจะเริ่มตั้งแต่ กระบวนการในการผลิตนักศึกษาวิชาชีพครูเพื่อเตรียม ความพร้อมให้กับบัณฑิตตามคุณลักษณะผู้เรียนใน ศตวรรษที่ 21 ให้เป็นนักศึกษาวิชาชีพครูที่มี ความรู้ ความสามารถ และมีทักษะในการประยุกต์ความรู้ ของศาสตร์ต่าง ๆ ให้เข้าถึงเทคโนโลยีและนวัตกรรม

ใหม่ๆ ซึ่งเป็นสิ่งท้าทายสถาบันการผลิตครูทั่วประเทศ ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนภายใต้นโยบายของรัฐบาลที่มุ่งหวังสู่ความสำเร็จของการยกระดับคุณภาพการศึกษาของชาติให้เกิดขึ้น

ในการเตรียมนักศึกษาวิชาชีพครูให้พร้อมในศตวรรษที่ 21 เป็นเรื่องสำคัญเป็นกระแสการปรับเปลี่ยนที่เกิดขึ้นเพราะส่งผลต่อวิถีการดำรงชีพของทุกคน จึงต้องมีความตื่นตัวและเตรียมพร้อมในการจัดการเรียนรู้ให้นักศึกษาวิชาชีพครูมีทักษะสำหรับการออกไปปฏิบัติงานในอนาคตที่เปลี่ยนไปจากศตวรรษที่ 19 และ 20 โดยทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญที่สุด คือ ทักษะการเรียนรู้ (Learning Skill) ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักศึกษาวิชาชีพครูมีความรู้ ความสามารถ และทักษะจำเป็นตลอดจนเป็นการเตรียมความพร้อมในด้านต่างๆ ให้มีทักษะเพียงพอในการเรียนรู้สาระวิชา (Content หรือ Subject Matter) และการเรียนจากการค้นคว้าเองโดยอาจารย์ช่วยแนะนำและออกแบบกิจกรรมที่ช่วยให้นักศึกษาวิชาชีพครูสามารถประเมินความก้าวหน้าของการเรียนรู้ของตนเองได้ สำหรับการกำหนดยุทธศาสตร์สำคัญต่อการจัดการเรียนรู้แบบเชิงสหวิทยาการ (Interdisciplinary) ในศตวรรษที่ 21 ได้แก่

1. ทักษะความรู้เกี่ยวกับโลก (Global Awareness)
2. ทักษะความรู้เกี่ยวกับการเงิน เศรษฐศาสตร์ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ (Financial, Economics, Business and Entrepreneurial Literacy)
3. ทักษะความรู้เกี่ยวกับการเป็นพลเมืองที่ดี (Civic Literacy)
4. ทักษะความรู้เกี่ยวกับสุขภาพ (Health Literacy)
5. ทักษะความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม (Environmental Literacy)

6. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ความริเริ่มสร้างสรรค์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการการแก้ปัญหาและการร่วมมือ

7. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี เนื่องด้วยมีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารผ่านทางสื่อและเทคโนโลยีมากมาย

8. ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ ในการดำรงชีวิตและทำงานให้ประสบความสำเร็จ ได้แก่ความยืดหยุ่นและการปรับตัวการริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง ทักษะสังคมและสังคมข้ามวัฒนธรรม การเป็นผู้สร้างหรือผู้ผลิต (Productivity) ความรับผิดชอบเชื่อถือได้ (Accountability) และภาวะผู้นำที่ต้องมีความรับผิดชอบ (Responsibility) ในระดับสูงซึ่งจะเป็นตัวกำหนดความพร้อมของนักศึกษาวิชาชีพครูให้เข้าสู่โลกการทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในอนาคตซึ่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ต้องก้าวข้าม “สาระวิชา” ไปสู่การเรียนรู้ “ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21” (21st Century Skills) ซึ่งอาจารย์จะเป็นผู้สอนไม่ได้ แต่ต้องให้นักศึกษาวิชาชีพครูเป็นผู้เรียนรู้ด้วยตนเอง โดยอาจารย์เป็นผู้ออกแบบการเรียนรู้ ฝึกฝนให้ตนเองเป็นโค้ช (Coach) และอำนวยความสะดวก (Facilitator) ในการเรียนรู้แบบ PBL (Problem-Based Learning) ซึ่งเป็นสิ่งที่จะช่วยในการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ครูเพื่อผู้เรียน (Professional Learning Communities : PLC) ที่เกิดจากการรวมตัวกัน เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ของผู้เรียนแต่ละคนนั่นเอง

จะเห็นได้ว่าการพัฒนา STEM Education เพื่อพัฒนาการคิดเชิงวิเคราะห์และความคิดเชิงสร้างสรรค์ เพื่อการสร้างนวัตกรรมการศึกษา รวมถึงการใช้ทักษะทางการสื่อสาร ทักษะการทำงานร่วมกัน และมีความเป็นผู้นำ โดยทักษะต่าง ๆ นี้ นักศึกษาวิชาชีพครูมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการนำไปใช้ในการประกอบวิชาชีพของตนเองในอนาคต ซึ่งบุคลากรวิชาชีพครูนั้นจัดเป็นวิชาชีพชั้นสูงที่มีความสำคัญต่อ

การจัดการศึกษาของชาติ เนื่องด้วยประเทศไทยกำลังเปลี่ยนแปลงมาตรฐานวิชาชีพให้มีความสอดคล้องกับคุณลักษณะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการจัดการศึกษาเพื่อสร้างความเจริญให้กับระบบการศึกษาของชาติตามนโยบายประเทศไทย 4.0 อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

จากนโยบายรัฐบาลสู่การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ประเทศที่มีความเข้มแข็งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นรากฐานสำคัญล้วนมีความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจดังนั้นประเทศกำลังพัฒนาพยายามประเทศไทยจึงให้ความสำคัญกับเรื่องนี้ในการช่วยผลักดันการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของประเทศ นำมาซึ่งการเชื่อมต่อความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเหมาะสมและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับประเทศในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมให้เจริญก้าวหน้าเพื่อสร้างเสริมขีดความสามารถของประเทศในการแข่งขันระบับนานาชาติจะมีปัจจัยสำคัญมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องมากขึ้นและเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้สูงขึ้น สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ที่มีเป้าหมายในการพัฒนาความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีให้มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมรวมทั้งตอบสนองต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559: 13-14) โดยยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ของประเทศไทยจะต้องทำให้นักศึกษาวิชาชีพครูมีศักยภาพมีความเข้มแข็งให้สามารถนำองค์ความรู้ไปพัฒนาประเทศได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวทาง STEM Education สามารถพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครูให้มีคุณลักษณะในศตวรรษที่ 21 ในด้านกระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา ความสามารถในการตัดสินใจทักษะในการค้นคว้า

หาความรู้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ มีทักษะในการสื่อสารเพื่อนำไปใช้ในการประกอบอาชีพและนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับประเทศชาติได้

ในการพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครูเข้าสู่ศตวรรษ 21 หากพิจารณาจากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 มาตราที่ 66 ที่ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการจัดการศึกษาที่มีใจความสำคัญว่าผู้เรียนมีสิทธิได้รับการพัฒนาขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาให้มีความรู้และทักษะเพียงพอเพื่อการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2559: 22) โดย กระทรวงศึกษาธิการ (2559: 4-5) ได้กล่าวถึงทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ในการเตรียมคนรุ่นใหม่ให้มีทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตในสังคมและผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ควรมีเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ในโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและที่มีความสำคัญมากกว่าเนื้อหาความรู้มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เกิดสมรรถนะสำคัญ ได้แก่ 1) ความสามารถในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิตและ 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและให้รักชาติศาสน์กษัตริย์ชาติสังคมเป็นต้นเพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

ระบบการศึกษาของประเทศไทยจากนโยบายการจัดการเรียนรู้ STEM Education กับการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะในศตวรรษที่ 21 ถือเป็นแนวทางการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่อย่างมีส่วนร่วมโดยอาจารย์เป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้และคอยให้คำปรึกษาเท่านั้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางต้องจัดให้สอดคล้องกับความสนใจ ความสามารถและความถนัด เน้นการเสริมสร้างบรรยากาศ การเรียนรู้เพื่อทำให้ผู้เรียนมีความสนใจและในการเรียนรู้เป็นการสร้างโอกาสให้ผู้เรียนได้มีการฝึกฝน ทักษะที่สำคัญ

ในการพัฒนาตนเอง โดยหวังว่าผู้เรียนจะนำเอาทักษะดังกล่าวไปใช้ในการเรียนรู้ต่อไปในอนาคตจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้วยการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรมค่านิยมที่พึงาม ภายใต้อุดมการณ์อันพึงประสงค์ในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2559: 22)

STEM Education เป็นวิธีการใหม่ของการศึกษาของประเทศไทย ซึ่งได้แนวคิดมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา แต่ที่จริงแล้วแนวคิดนี้เป็นสิ่งที่มีการดำเนินการจัดการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษาต่าง ๆ โดยให้ผู้เรียนได้ทำในรูปแบบของโครงงานต่าง ๆ อยู่แล้ว มาใช้เป็นแนวคิดในการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งออกมาเป็นสิ่งประดิษฐ์ วิธีการหรือกระบวนการต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาสิ่งที่สนใจให้สามารถนำไปใช้ได้จริงและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป ซึ่งจุดเริ่มต้นของการใช้กระบวนการ STEM Education ในการเรียนรู้ อาจเริ่มต้นจากการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชุมชน ท้องถิ่น ทั้งภายในและภายนอกสถาบันการศึกษา แล้วใช้ทักษะการสังเกต เพื่อมองเห็นถึงปัญหาหรือสิ่งที่ควรพัฒนาให้ดีขึ้น แล้วตั้งคำถาม เพื่อกำหนดจุดหมายในการดำเนินการโดยใช้กระบวนการ STEM Education เป็นแนวทางในการพาไปสู่จุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกัน และมีโอกาสได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Based Learning) ประกอบด้วย

1. Structured Inquiry คุณครูมีบทบาทมาก โดยเป็นผู้กำหนดประเด็นปัญหาให้ผู้เรียนศึกษา วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการให้ผู้เรียนดำเนินการตามที่วางแผนและออกแบบไว้

2. Guided Inquiry คุณครูมีบทบาทลดลง โดยเป็นผู้กำหนดประเด็นให้กว้างๆ แล้วให้ผู้เรียน

ทำการออกแบบวิธีการ กำหนดวัสดุอุปกรณ์ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนจะมีบทบาทมากขึ้น

3. Open Inquiry คุณครูมีบทบาทน้อยมาก เป็นเพียงผู้คอยช่วยเหลือและสนับสนุนโดยให้อิสระผู้เรียนในการกำหนดปัญหาที่สนใจ ตั้งคำถามวางแผนและออกแบบวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการและวิธีการได้อย่างเต็มที่ ผู้เรียนจะมีบทบาทเป็นอย่างมาก

ผู้เรียนในอนาคตที่จะไปถึงคุณลักษณะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ตามแนวนโยบายของประเทศไทย 4.0 ได้นั้น จะต้องมีความรู้ STEM literacy นั่นคือผู้เรียนต้องมีความตระหนักต่อบทบาทของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ กล่าวคือมีการบูรณาการความรู้ที่มีหลักเหตุผลและมีกระบวนการคิดการวางแผนการทำงานตลอดจนการถ่ายทอดได้อย่างมีระบบ ในสังคมปัจจุบันมีความคุ้นเคยหรือคุ้นชินต่อหลักการหรือแนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมไปถึงมีความสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันหรือในการทำงานได้ด้วยเหตุนี้ นักศึกษาวิชาชีพครูที่มีคุณภาพจะต้องผ่านกระบวนการผลิตบัณฑิตเพื่อเป็นครูในอนาคต

โดยมีทักษะที่จำเป็นของศตวรรษที่ 21 (Skill Characteristics) นั่นคือ 1) ทักษะการเรียนรู้และการสร้างนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) 2) ทักษะ Information, Media, and Technology Skills (ข้อมูลสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี) 3) ทักษะชีวิตและอาชีพ (Life and Occupation Skills) สรุปได้ว่าลักษณะการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทาง STEM Education จะมีดังต่อไปนี้

1. มีลักษณะเป็นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนแบบสืบเสาะซึ่งเป็นแนวทางที่ทำให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยผ่านการลงมือปฏิบัติทดลองจริงเพื่อ

ให้ได้เข้าใจทั้งเนื้อหาและแนวคิดของแต่ละเรื่องที่เราเรียน
เพิ่มขึ้นด้วย

2. มีลักษณะการสอนที่ใช้ปัญหาหรือโครง
งานเป็นฐานเป็นการเรียนการสอนที่ทำให้ผู้เรียนมี
ส่วนร่วมในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มร่วมกันถาม
ร่วมกันแก้ปัญหาเพื่อกำหนดกรอบหรือขอบเขตเพื่อ
ศึกษาและหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่มีการสะท้อน
ความคิดจากประสบการณ์โดยตรงจนนำไปสู่โครง
งานเพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์ขึ้นใช้แก้ปัญหาในที่สุด

3. มีการบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ที่
จะช่วยให้ส่งเสริมการสอนและการเรียนของผู้เรียน
โดยเนื้อหาได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัยโดยสามารถ
เข้าถึงได้ทันทีจากการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเป็นต้น

บทสรุป

สถาบันผลิตบัณฑิตวิชาชีพครู ต่างๆ ควรออกแบบ
กิจกรรมการเรียนรู้ใหม่ที่ช่วยเปิดโอกาสให้นักศึกษา
วิชาชีพครูได้เชื่อมโยงความรู้จากในชั้นเรียนสู่ชีวิตจริง
และการทำงาน ในตลอดระยะเวลาของการเรียนใน
แต่ละชั้นปี โดยที่ไม่จำเป็นต้องรอให้นักศึกษาอยู่ในปี
สุดท้ายของการออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพฝึกสอน
ในโรงเรียน นอกจากนี้ ยังต้องพัฒนาผู้เรียนในด้าน
ความสามารถในการผลิตและสร้างสรรค์นวัตกรรม
การสอนของตนเอง ควบคู่กับมีคุณธรรม จริยธรรม
รู้จักพึ่งตนเองและสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างเป็น
สุข ซึ่ง STEM Education จะเป็นการจัดการเรียนรู้
เพื่อพัฒนานักศึกษาวิชาชีพครูให้มีคุณลักษณะของผู้
เรียนในศตวรรษที่ 21 อันเป็นแนวทางที่ได้ถูกพัฒนา
ขึ้นที่จะทำให้นักศึกษาวิชาชีพครูมีความสามารถที่นำ
ไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพครูได้ในอนาคต
อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อันจะเป็นการสร้างควม
เจริญเติบโตอย่างยั่งยืนให้กับสถาบันการศึกษา สังคม
และประเทศชาติ ตอบสนองการจัดการศึกษายาไ้
นโยบายประเทศไทย 4.0

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). **แผนพัฒนาการศึกษา
แห่งชาติฉบับปรับปรุง (2552-2559)**.
กรุงเทพฯ:ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่ง
ประเทศไทย.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับ
การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. **วารสาร
นักบริหาร**, 2 (2), 49-56.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2556). การจัดการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษ
ที่ 21. **สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี(สสวท.)**, 42(185), 10-13.
- _____. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้
ในศตวรรษที่ 21. **สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.)**,
42(186), 3-5.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2559).
**พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพ.ศ.
2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545
และ(ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553**. กรุงเทพฯ:สำนัก
วิชาการและมาตรฐานการศึกษา.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและ
สังคมแห่งชาติ. (2559). **แผนพัฒนา
เศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่สิบเอ็ด
พ.ศ.2555 - 2559**. กรุงเทพฯ: สำนัก
นายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2559).
**พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพ.ศ.
2542และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2)
พ.ศ. 2545**.กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- Breiner, J.M., Carla, C.J., Harkness, S.S. and
Koehler, C.M. (2012). What is STEM?
A Discussion About Conceptions of
STEM in Education and Partnerships.
School Science and Mathematics, 112
(1), 3-11.

- National Research Council, (2012). **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas.** Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- O'Neil, T. L., Yamagata, J. Y. & Togioka, S. (2012). **Teaching STEM Means Teacher Learning.** Phi Delta Kappan, 94(1), 36–40
- Vasquez, J.A., Sneider, C., and Comer, M. (2013). **STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics.** Portsmouth, NH: Heine.