



กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับเด็กอนุบาล The Engineering Design Process for Preschoolers

ภัสร้าไพ จ้อยเจริญ¹ และ ปันัฐสรณ์ จารุชัยนิวัฒน์²
Pasrampai Choicharoen¹ and Panutsorn Jaruchainiwat²

Article History

Received : February 16, 2019

Revised : September 5, 2019

Accepted : September 16, 2019

บทคัดย่อ

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนการทำงานของวิศวกรในการตัดสินใจ และการสร้างสรรค์เพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งที่ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นหัวใจของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่เป็นการจัดประสบการณ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นแกนหลักในการนำแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งศาสตร์ด้านอื่นๆ มาใช้อย่างบูรณาการ ในชีวิตประจำวัน ประเทศไทยได้ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษามาได้ระยะหนึ่ง แต่ในปัจจุบันยังไม่มี การนำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับเด็กอนุบาลที่แพร่หลายมากนัก บทความนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการนำเสนอความหมาย วัตถุประสงค์ แนวคิดหลัก ขั้นตอน รวมทั้งตัวอย่างการจัดกิจกรรมโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมสำหรับเด็กอนุบาล เพื่อให้ครูอนุบาลและผู้สนใจได้นำไปประยุกต์ใช้ในการจัดประสบการณ์ โดยสามารถนำไปใช้โดยตรงและในรูปแบบของการบูรณาการ สะเต็มศึกษาได้อย่างเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ : กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ; สะเต็มศึกษา ; เด็กอนุบาล

¹ นิสิตดุษฎีบัณฑิต สาขาการศึกษาปฐมวัย คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, Doctoral Student in Early Childhood Education, Faculty of Education, Chulalongkorn University

² อาจารย์ ประจำสาขาการศึกษาปฐมวัย คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, Lecturer of Early Childhood Education Program, Faculty of Education, Chulalongkorn University



ABSTRACT

The engineering design process is a set of engineer's working steps for decision-making and creating things that meet the human needs. This process is the heart of STEM Education or the organizing experience by using the engineering design process as a core to implement and integrate process skills and concepts in science, mathematics, and technology, as well as other areas of development in everyday life. Although in Thailand, the engineering design process has been used in learning management to students from preschool to secondary levels for a while, the information of the engineering design process for preschooler is insufficient at present. This article aims to present the appropriate engineering design process for preschoolers, the ways for applying to organize experiences whether they are used directly or in the form of being integrated in STEM education, and an example of organizing activity to preschool teachers and those who are interested was illustrated.

Keywords : Engineering Design Process ; STEM Education ; Preschoolers

บทนำ

การบูรณาการแนวคิดทางวิศวกรรมศาสตร์กับการศึกษา เริ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1990 โดยกระแสการนำแนวคิดและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาพัฒนาเด็กวัยเรียนกลับมาเป็นที่สนใจอีกครั้งจากการที่ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประกาศใช้กรอบมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่ คือ A Framework for K-12 Science Education และ Next Generation Science Standard (NGSS) ด้วยมีปัจจัยหลัก คือ ความต้องการพัฒนา กำลังคนของประเทศให้มีความรู้ความสามารถเพื่อขับเคลื่อน เศรษฐกิจและสังคมของประเทศ เนื่องจากองค์ความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์สามารถ พัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีทักษะในการคิดและการเรียนรู้ มีความ สามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อการแก้ปัญหา และมีความคิด สร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้า รวมทั้ง เป็นการเตรียมพร้อมให้คนอยู่ในสังคมแห่งการเปลี่ยนแปลงได้อย่าง มีคุณภาพชีวิตที่ดี (Office of the Education Council, 2016)

การเคลื่อนไหวดังกล่าวได้เผยแพร่ไปเป็นนโยบาย การศึกษาในประเทศต่าง ๆ รวมทั้งประเทศไทยที่กำหนดให้ มีจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ตั้งแต่ระดับอนุบาลไปจนถึงมัธยมศึกษา ซึ่งเป็นแนวการจัดการ ศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยมี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมให้เด็กได้นำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และ ได้พัฒนาผลผลิตใหม่ที่อาจเป็นผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือวิธี

แก้ปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต (Choosinkhunnawut, 2014)

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมถือเป็นแกนหลัก ในสะเต็มศึกษา หากไม่มีการทำงานผ่านกระบวนการนี้ การบูรณา การวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ก็คงเป็นการบูรณาการ แต่เพียงด้านเนื้อหาเหมือนที่เคยจัดการเรียนการสอนกันทั่วไป การทำงานตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้นำเอาทั้ง ทักษะกระบวนการ ความรู้ รวมทั้งคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ และวิศวกรเข้ามาใช้ในการทำงาน ดังนั้นผู้เขียน จึงมีความคิดเห็นว่าการทำความเข้าใจกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม จะทำให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนตามแนวทาง สะเต็มศึกษาได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งนำไปปรับใช้ในการจัดการเรียน การสอนปกติได้อย่างเหมาะสม และทำให้เกิดผลตามเป้าหมาย

ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process: EDP) เป็นวิธีการทำงานภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด ที่วิศวกรใช้ในการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติและความท้าทาย ทางเทคโนโลยีในการประดิษฐ์ระบบ ส่วนประกอบ กระบวนการ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้สามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (Ertas & Jones, 1996) เป็นวิธีการแก้ปัญหาในการดำรงชีวิต โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี (National Research Council [NRC], 2009) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็น กระบวนการตัดสินใจ (Decision-Making Process) ที่นำเอาแนวคิด



ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ มาพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดที่ตรงกับความต้องการ หรือวัตถุประสงค์ที่กำหนด (Mangold & Robinson, 2013) หรือ อาจกล่าวได้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นตัวแทน ของการประยุกต์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีภายใต้กฎเกณฑ์และข้อจำกัดมาทำให้การดำรงชีวิตของ มนุษย์ดีขึ้น (Cunningham, Mott, & Hunt, 2018; Pahl, Beitz, Feldhusen & Grote, 2007) สำหรับเด็กอนุบาล กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการนำเสนอให้เด็กได้คุ้นเคยกับการ ปฏิบัติทางวิศวกรรมผ่านกระบวนการออกแบบ หรือกระบวนการ ในการศึกษาประโยชน์และสุนทรียภาพ (Aesthetics) ของสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน (Bequette & Bequettes, 2012 as cited in Blank & Lynch, 2018)

จากความหมายข้างต้นจะเห็นว่ากระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมมีความคล้ายคลึงกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แต่ แตกต่างกันในวิธีการทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยข้อสงสัยหรือ การตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจ แล้วมุ่งปฏิบัติการสำรวจ ตรวจสอบ สืบค้นข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายเพื่อตอบข้อสงสัย ส่วนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเริ่มต้นด้วยความต้องการ หรือปัญหาที่ต้องการการแก้ไข แล้วมุ่งออกแบบและหาวิธีหรือสร้าง ชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหานั้น (NGSS Lead States, 2013)

วัตถุประสงค์และแนวคิดหลักของกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการ เชิงวิศวกรรม ทำให้เด็กได้เกิดการเรียนรู้อย่างบูรณาการผ่านบริบทรอบตัวใน ชีวิตจริงที่จะส่งเสริมให้เด็กได้พัฒนาทั้งการรู้วิทยาศาสตร์ (Science Literacy) การรู้คณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) การรู้ เทคโนโลยี (Technology Literacy) การรู้วิศวกรรม (Engineering Literacy) รวมทั้งวิธีการเรียนรู้ (Approach to Learning) ซึ่งเป็นการเตรียมพร้อมให้เด็กสามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ ดังนั้นการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในชั้นเรียนจึงมี วัตถุประสงค์ ดังนี้ (Grubbs & Strimel, 2015)

1. เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการ ทั้งทักษะการคิดต่างๆ ทักษะทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี
2. เพื่อให้เรียนรู้และนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี รวมทั้งศาสตร์ด้านอื่นไปใช้ในการ สร้างสรรค์ เพื่อตอบสนองความต้องการ หรือการแก้ปัญหาได้
3. เพื่อเตรียมพร้อมให้เด็กมีคุณลักษณะและทักษะในการ แก้ปัญหาในอนาคตได้อย่างยั่งยืน

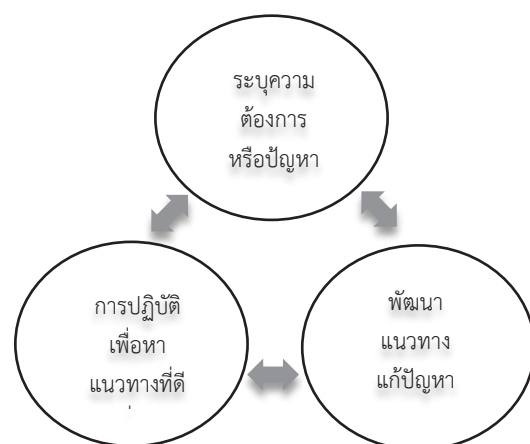
การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ ดังกล่าวอยู่บนแนวคิดหลักของการออกแบบทางวิศวกรรม ที่ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ (NGSS Lead State, 2013)

1. การระบุและกำหนดขอบเขตของปัญหาที่จะต้องแก้ไข ให้ชัดเจนที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ภายใต้เกณฑ์ของความสำเร็จและ ข้อจำกัดที่มี
2. การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาที่เริ่มต้นด้วยการ สร้างตัวเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้อย่างหลากหลาย จากนั้นประเมินว่าแนวทางใดที่อาจเป็นไปได้ โดยพิจารณาจาก คุณสมบัติที่เหมาะสมกับเกณฑ์และข้อจำกัดของปัญหามากที่สุด
3. การปฏิบัติตามที่ได้ออกแบบวางแผน โดยมีการ ทดสอบและการปรับปรุงพัฒนาอย่างเป็นระบบ เพื่อทำให้ได้ แนวทางที่เหมาะสม

ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

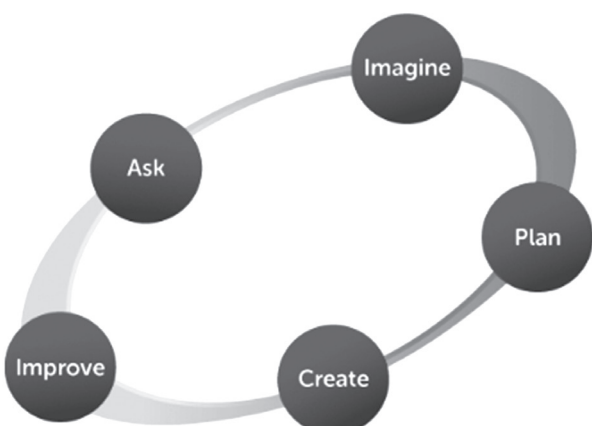
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับเด็กอนุบาลถึง ประถมศึกษาได้รับการพัฒนาโดยนักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ ดังนี้

มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่ของประเทศ สหรัฐอเมริกาได้เสนอขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับ เด็กระดับอนุบาลถึงประถมศึกษาปีที่ 2 ไว้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุความต้องการหรือปัญหา (Define) การพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหา (Develop solutions) และการปฏิบัติเพื่อหา แนวทางที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา (Optimize) โดยทั้ง 3 ขั้นตอนนี้ มีลักษณะเป็นวงจรที่ย้อนกลับไปมา ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมระดับอนุบาลถึง ประถมศึกษาปีที่ 2 ของ NGSS (NGSS Lead State, 2013)

พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับเด็ก ประถมศึกษาภายใต้โครงการที่ใช้ชื่อว่า Engineer is Elementary (EiE) ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การถามคำถามเพื่อระบุปัญหา (Ask) การจินตนาการหรือระดมความคิดเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (Imagine) การวางแผนหรือการออกแบบ และกำหนดวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ (Plan) การสร้างตามแผน (Create) และการปรับปรุงจนได้ผลที่มีความเหมาะสม (Improve) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของโครงการ EiE (Museum of Science, Boston, 2018)

โดยประเทศไทยได้มีการนำเสนอกระบวนการเชิงวิศวกรรมโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้กับเด็กอนุบาลถึงมัธยมศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ สสวท. (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2014)

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของหน่วยงานต่างๆ ที่นำเสนอข้างต้น สรุปได้ว่า มีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถซ้ำทวนขั้นตอน (Iterative) ถึงแม้จะมีการแบ่งจำนวนขั้นตอนแตกต่างกัน แต่หากจัดกลุ่มของขั้นตอนหรือพิจารณาจากขั้นตอนหลัก ๆ แล้วจะเห็นว่าไม่แตกต่างกัน โดยประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การระบุปัญหาหรือความต้องการ รวมทั้งการระบุเงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่มีการรวบรวมแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ การออกแบบหรือการวางแผนแนวทางแก้ปัญหา การสร้างต้นแบบ และการประเมินและปรับปรุงต้นแบบ จนกว่าจะได้แนวทางแก้ปัญหาที่อาจเป็นกระบวนการวิธีการ หรือชิ้นงานที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งการย้อนกลับไปมาระหว่างขั้นตอนข้างต้นจะเกิดขึ้นอย่างเป็นธรรมชาติและตลอดเวลา

การนำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของหน่วยงานต่าง ๆ ข้างต้นครอบคลุมระดับอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษา ยังไม่มีการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับเด็กอนุบาลที่มีพัฒนาการและความสามารถเฉพาะ Blank & Lynch (2018) จึงได้ปรับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของโครงการ EiE จาก 5 ขั้นตอน เหลือ 4 ขั้นตอนที่เหมาะสมกับเด็กอนุบาล ได้แก่ การค้นหาปัญหา (Finding a problem) การจินตนาการและวางแผน (Imagining and planning) การสร้าง (Creating) และการปรับปรุง (Improving) ซึ่งเป็นแนวทางที่มีขั้นตอนไม่ซับซ้อนและไม่กว้างเกินไปจนยากต่อการนำไปใช้ในชั้นเรียนของครูอนุบาล รายละเอียดของแต่ละขั้นตอน มีดังนี้

1. ขั้นค้นหาปัญหา

ขั้นค้นหาปัญหาเป็นการจัดประสบการณ์ให้เด็กได้สำรวจสิ่งต่างๆ รอบตัวอย่างมีวิจารณ์ญาณผ่านการเล่นที่มีครูชี้แนะ (Teacher-guided play) เนื่องจากเด็กอนุบาลต้องการการช่วยเหลือในการค้นหาหรือระบุปัญหา ซึ่งคำถามของครูและการให้เด็กได้มีโอกาสเผชิญความท้าทายกับสภาพจริง จะช่วยนำทางให้เด็กได้พบกับความต้องการหรือปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งจุดมุ่งหมายของการจัดประสบการณ์ขั้นนี้ คือ การเพิ่มประสบการณ์ในการแสวงหาความรู้ และการยอมรับกับความท้าทายที่ซับซ้อนให้กับเด็ก

2. ขั้นจินตนาการและวางแผน

เมื่อนำเสนอความท้าทายให้กับเด็กแล้ว ครูควรให้เด็กจินตนาการหรือนึกคิดถึงแนวทางแก้ปัญหา โดยครูอาจช่วยเหลือโดยนำเสนอข้อมูลที่หลากหลาย ผ่านการแบ่งปันประสบการณ์และการใช้สื่อ เช่น รูปภาพ หนังสือภาพ หนังสือนิทาน เพื่อให้เด็กได้ใช้ข้อมูลในการออกแบบแนวทางแก้ปัญหาได้หลายๆ แนว จากนั้นให้เด็กได้ร่างแบบหรือร่างแผนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายโดยเฉพาะการวาดภาพ หากเด็กมีข้อจำกัดในการวาดภาพหรือการเขียน ครูสามารถช่วยร่างแบบจาก คำบอกเล่า



ของเด็กได้ นอกจากนี้ครูควรช่วยให้เด็กได้คำนึงถึงผู้ที่ได้รับผลจากการแก้ปัญหา เพื่อให้เด็กได้เรียนรู้ที่จะรับรู้โลกและผู้อื่นผ่านจิตใจและร่างกาย รู้จักเอาใจผู้อื่นหรือสิ่งอื่นมาใส่ใจเรา (Empathizing) ซึ่งจะนำไปสู่การค้นพบเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของแนวทางแก้ปัญหาต่างๆ ที่ออกแบบไว้ ที่จะส่งเสริมให้เด็กได้ใช้เหตุผล ได้ตัดสินใจ ได้ใช้การวิเคราะห์ รวมทั้งการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

หลังจากการออกแบบวางแผนแล้ว ครูควรจัดประสบการณ์ให้เด็กได้พูดคุยถึงข้อดีข้อเสียของแนวทางต่างๆ ที่ออกแบบไว้ แล้วเลือกแนวทางที่เป็นไปได้มา 1 แนวทางเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองต่อไป ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องอาศัยการวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละแนวทางที่วางแผนไว้ โดยครูอาจใช้คำถามช่วยนำความคิดของเด็ก เช่น “หนูคิดว่าอะไรจะทำให้แนวทางนี้เป็นแนวทางที่ดี” หรือ “ทำไมหนูถึงคิดว่าแนวทางนี้ดีกว่า” แล้วให้เด็กได้ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ทั้งนี้การสนับสนุนให้เกิดการปฏิบัติทางวิศวกรรมอย่างสร้างสรรค์ ครูควรสำรวจความพร้อมและประสบการณ์เดิมของเด็ก และจัดประสบการณ์เพื่อเตรียมพร้อมให้เด็กได้มีแนวคิดและเทคนิคที่จำเป็นที่เด็กสามารถนำไปใช้ในการนำเสนอความคิดของตนเองออกมา

3. ขั้นสร้าง

ขั้นสร้างเป็นการจัดประสบการณ์ให้เด็กได้แปลงแบบร่างเป็นแบบจำลอง หากแนวทางที่เลือกนำไปสู่การสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการ การสร้างต้องใช้วัสดุอุปกรณ์เป็นสื่อกลาง และต้องอาศัยการคิดเชิงมิติ (Dimensional Thinking) หรือการพิจารณากลับไป-กลับมา ระหว่างภาพร่างสองมิติกับแบบจำลองที่เป็นสามมิติ ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจพบว่า สิ่งที่ออกแบบและวางแผนไว้บางประการไม่สามารถทำได้จริง เนื่องจากมีข้อจำกัดในการใช้วัสดุต่างๆ สร้างแบบจำลองไม่ว่าจะเป็น บล็อกไม้ ดินน้ำมัน เส้นลวด ฯลฯ ต่างก็มีข้อจำกัดมากกว่าภาพวาดที่สามารถวาดอะไรก็ได้ตามจินตนาการ ดังนั้นครูควรจัดโอกาสให้เด็กได้สำรวจวัสดุอุปกรณ์ที่หลากหลาย ได้เรียนรู้คุณสมบัติและวิธีการใช้วัสดุ เพื่อให้เด็กได้มีประสบการณ์กับวัสดุก่อนนำไปใช้จริง

เมื่อเด็กได้ลงมือทำแบบจำลองแล้ว หากพบว่ามีส่วนไม่สามารถทำตามที่ออกแบบไว้ได้ สามารถให้เด็กกลับไปปรับปรุงแก้ไขแบบร่างให้ตรงกับการสร้างจริงได้

4. ขั้นปรับปรุง

ธรรมชาติของการสร้างนำไปสู่โอกาสในการปรับปรุงแก้ไข การให้เด็กประเมินและปรับปรุงผลงานถือเป็นความท้าทายของขั้นนี้ที่ครูต้องช่วยสนับสนุนและขยายการคิดของเด็ก โดยการสังเกตการทำงานของเด็กและดำเนินการ ดังนี้

- 1) ถามคำถามเพื่อให้ความชัดเจนในการทำงานแก่เด็กมากขึ้น (เช่น หนูจะทำอะไรกับ...? หรือ หนูจะใช้...ทำอะไร?)
- 2) ค้นหาการปฏิบัติที่เด็กควรทำต่อไป (เช่น หนูได้วางแผนที่จะเดิม...หรือไม่?)
- 3) แบ่งปันข้อมูลหรือประสบการณ์ (เช่น ครูเคยเห็นว่ามีกระเบื้องอีกหลายรูปแบบนะ)
- 4) ให้คำแนะนำ (เช่น หนูน่าจะต้องทำ... หรือ ครูสงสัยจังเลยว่าจะอะไรจะเกิดขึ้นถ้าหนูทำ...)

นอกจากนี้ครูอาจจัดเวลา ซึ่งอาจเป็นช่วงกิจกรรมเสรีของแต่ละวัน และอาจจัดพื้นที่สำหรับทำกิจกรรม โดยครูเตรียมรูปภาพที่เด็กนำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ ภาพร่างที่เด็กออกแบบไว้ แบบจำลองที่เด็กสร้าง และวัสดุอุปกรณ์ที่หลากหลาย เพื่อให้เด็กได้ใช้ในการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองจนกว่าจะได้ผลงานที่สามารถนำไปใช้ได้จริง

ในการปรับปรุงแบบจำลอง ครูอาจกระตุ้นให้เด็กได้ทบทวนงานที่ตนเองทำ และได้เห็นมุมมองจากงานที่เพื่อนคนอื่นทำ เมื่อได้แบบจำลองที่สามารถนำไปเป็นต้นแบบ หรือได้ผลงานที่สามารถนำไปใช้ได้จริง ควรจัดโอกาสให้เด็กได้นำเสนอและได้ใช้ผลงานนั้นในบริบทจริง ซึ่งหากแนวทางการแก้ปัญหาที่เลือกไม่ได้นำไปสู่การสร้างชิ้นงาน แต่ทำให้ได้วิธีการหรือกระบวนการในการแก้ปัญหา ก็สามารถดำเนินการตามกระบวนการทั้งหมดตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

แนวทางการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้ในห้องเรียนอนุบาล

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการปลายเปิด (Open-end) ที่มีขั้นตอนยืดหยุ่น เป็นบริบทที่มีความหมายสำหรับการเรียนรู้แนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นการพัฒนารูปแบบจำลองทางความคิด กระตุ้นการคิดเชิงระบบ การคิดเชิงมิติ และการคิดวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไข ความต้องการ และทรัพยากร ที่มีการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้ในห้องเรียนอนุบาล ครูควรใช้คำถามหรือปัญหาปลายเปิดกระตุ้นให้เด็กได้ระบุปัญหาและทำความเข้าใจกับปัญหา พิจารณาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ให้เด็กได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และควรยืดหยุ่นกระบวนการตามความสนใจและความสามารถของเด็ก (Mangold & Robinson, 2013) โดยอาจนำไปผสานกับกิจกรรมหรือกิจกรรมหลักประจำวัน สอดแทรกในหน่วยการเรียนรู้ที่มีอยู่ หรือสร้างเป็นหน่วยการเรียนรู้ใหม่ขึ้นมา และอาจพัฒนาเป็นการทำโครงการ (Project Approach)



กิจกรรมที่นำมาใช้ในห้องเรียนอนุบาลควรเป็นกิจกรรมง่ายๆ ในบริบทจริงทั้งในและนอกห้องเรียนที่สัมพันธ์กับชีวิตประจำวันและเหมาะสมกับพัฒนาการของเด็ก ให้เด็กได้มีโอกาสใช้เครื่องมือจริง เพื่อให้เด็กได้เรียนรู้ศาสตร์ทางวิศวกรรมและทักษะที่วิศวกรต้องใช้ ซึ่งกิจกรรมลักษณะนี้ครูอาจต้องอาศัยความร่วมมือจากเครือข่าย (Grubbs & Strimel, 2015) นอกจากนี้กิจกรรมที่นำมาใช้อาจเริ่มต้นด้วยนิทานหรือเรื่องราวในการสร้างความสนใจ เชื่อมโยงไปสู่สถานการณ์ท้าทายหรือการระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข และเสนอเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่างๆ ที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าว

เทคนิคที่สำคัญในการจัดประสบการณ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ การใช้คำถามเพื่อช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ตัวอย่างการใช้คำถามในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพิ่มเติมจากที่นำเสนอไปแล้วข้างต้น ดังตารางที่ 1 (Blank & Lynch, 2018, Grubbs & Strimel, 2015, Mangold & Robinson, 2013)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างคำถามที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นตอน	ตัวอย่างคำถามที่ใช้
1. การค้นหาปัญหา	1) เกิดอะไรขึ้น ที่ไหน เมื่อไรมีใครเกี่ยวข้องบ้าง 2) จะค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญหาได้อย่างไร และได้จากแหล่งใดบ้าง
2. การจินตนาการและวางแผน	1) หนูรู้อะไรเกี่ยวกับปัญหบ้าง 2) แนวทางการแก้ปัญหาที่ต้องการควรมีลักษณะอย่างไร 3) แนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้มีอะไรบ้าง 4) แนวทางการแก้ปัญหาที่เลือกคืออะไร 5) อะไรที่หนูคิดว่าแนวทางนี้จะช่วยแก้ปัญหาได้ 6) ทำไมหนูคิดว่าแนวทางนี้ดี/ ดีกว่า 7) เรามีวัสดุอุปกรณ์อะไรบ้าง 8) หนูต้องการวัสดุอุปกรณ์ใดเพิ่มเติม หรือวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้มีอะไรบ้าง 9) วัสดุอุปกรณ์แต่ละชนิดมีลักษณะและสมบัติอย่างไร
3. การสร้าง	1) หนูจะทำอย่างไร 2) หนูจะทำอะไรต่อไป
4. การปรับปรุง	1) หนูจะรู้ได้อย่างไรว่าแนวทางนี้ช่วยแก้ปัญหาได้ หนูต้องทำอะไรบ้าง 2) แนวทางนี้แก้ปัญหาได้หรือไม่ ถ้าไม่จะทำอย่างไรต่อไป 3) แนวทางการแก้ปัญหาที่ได้ผลดีคืออะไร มีวิธีการในการสร้างอย่างไร และให้ผลเป็นอย่างไร

สิ่งสำคัญที่ครูควรคำนึงถึงในการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้ในการจัดประสบการณ์ให้กับเด็กอนุบาล มีดังนี้ (Blank & Lynch 2018 , Grubbs & Strimel, 2015 , Mangold & Robinson, 2013)

1. ควรเน้นเด็กเป็นศูนย์กลาง เปิดกว้าง และใช้กิจกรรมให้เด็กได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการเล่นและการมีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อน

2. ครูควรเลือกใช้ปัญหาในบริบทจริงที่ไม่มีสูตรหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่ตายตัวหรือเป็นมาตรฐาน (Ill-structure Problem) โดยมีความซับซ้อนเหมาะสมกับวัยเด็ก ไม่ควรใช้ปัญหาที่มีสูตรในการแก้หรือมีโครงสร้างที่แน่นอน (Well-structure Problem) เช่น โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

3. การออกแบบการจัดประสบการณ์ การดำเนินการจัดประสบการณ์ และการจัดหาแหล่งเรียนรู้และทรัพยากรควรประสานความร่วมมือจากครูหลากหลายสาขาวิชา ผู้ปกครอง และชุมชนระดับต่างๆ

4. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถยืดหยุ่นขั้นตอนและโครงสร้างได้ โดยอาจรวบหรือขยายขั้นตอน และไม่จำเป็นต้องจัดประสบการณ์ครบทุกขั้นตอนภายในการสอนหนึ่งครั้ง อาจแบ่งขั้นตอนได้ตามความเหมาะสม

5. เด็กควรได้ใช้ความรู้เดิมและได้สร้างความรู้ใหม่ ครูควรพิจารณาว่าในการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแต่ละครั้ง เด็กต้องใช้แนวคิดหรือทักษะกระบวนการใดที่เกี่ยวข้อง ซึ่งหากเด็กยังไม่มีแนวคิดและทักษะกระบวนการดังกล่าว ครูควรจัดให้เด็กได้มีก่อนหรือระหว่างการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมก็ได้ และต้องเชื่อมโยงกับการพัฒนาด้านอื่นๆ

ตัวอย่างประสบการณ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นค้นหาปัญหา

สัปดาห์แห่งวันลอยกระทงเด็กๆ ตื่นเต้นที่จะได้ทำกระทงไปลอยในงานลอยกระทงของโรงเรียน ครูพาเด็กสำรวจวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาทำกระทง ระหว่างนั้นครูได้ยินเด็กๆ พูดคุยกันว่าเคยเห็นแต่กระทงที่ทำมาจากหยวกกล้วย ครูจึงเห็นว่าเป็นโอกาสที่ดีที่จะนำเด็กไปสู่ประสบการณ์ของการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตของเด็ก ครูจึงสนทนากับเด็กต่อว่า “แต่โรงเรียนเราไม่มีต้นกล้วย แล้วเราจะใช้อะไรทำกระทงดี”

ขั้นจินตนาการและวางแผน

เมื่อกลับมาที่ห้องเรียน ครูให้เด็กๆ ลองนึกถึงหน้าตากระทงที่ไม่ได้ทำมาจากหยวกกล้วย จากนั้นครูนำภาพกระทงหลากหลายแบบที่ทำมาจากวัสดุแตกต่างกันมาให้เด็กดู แล้วชวน



พูดคุยต่อว่า “กระตังที่เราจะทำและนำไปลอยน้ำควรมีลักษณะอย่างไร”

น้องอัมเมม: กระตังต้องไม่เปียก

น้องติณณ์: กระตังต้องลอยน้ำได้

น้องต้นหลิว: กระตังต้องไม่ทำให้น้ำเน่า เพราะเรา

เอากระตังไปขอบคุณน้ำ

วันต่อมาครูให้เด็กศึกษากระตัง 3 ใบที่ครูเตรียมไว้ โดยให้เด็กสังเกตลักษณะต่างๆ ของกระตัง และแยกแยะเปรียบเทียบลักษณะที่เหมือนและลักษณะที่แตกต่างของกระตัง เพื่อให้เด็กได้มีแนวคิดพื้นฐานเรื่องลักษณะสำคัญของกระตัง ที่จะนำไปสู่การทำกระตังในขั้นตอนต่อไปได้

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปลักษณะสำคัญของกระตังว่า ต้องลอยน้ำได้ รวมทั้งข้อกำหนดที่ตั้งขึ้นร่วมกันว่า วัสดุที่นำมาใช้ทำกระตังต้องไม่ทำให้น้ำเน่า จากนั้นครูให้เด็กวาดภาพร่างแบบกระตังตามที่ได้คิดออกแบบไว้ พร้อมระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการสร้างกระตังตามแบบ ซึ่งในขั้นตอนนี้ความตื่นตื้นอยากทำกระตังของเด็กมีเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

ขั้นสร้าง

เด็กลงมือทำกระตังตามที่ได้ออกแบบและวางแผนไว้ น้องลูกพี่ตั้งใจนำกิ่งไม้มาขุดเป็นฐานกระตัง แต่เมื่อทำจริงปรากฏว่าไม่สามารถขุดกิ่งไม้เป็นรูปวงกลมได้ น้องลูกพี่เดินมาบอกครูว่า เขาคิดว่ากิ่งไม้ไม่น่าจะเหมาะกับการขุดเป็นฐานกระตัง ครูจึงให้เขากลับไปดูภาพร่างแบบกระตัง และดูว่าจะปรับเปลี่ยนหรือใช้วัสดุอะไรแทนได้ในขั้นปรับปรุง

แบบปรับปรุง

เด็กนำกระตังไปทดสอบโดยการนำไปลอยน้ำ พร้อมกับให้คุณครูท่านอื่นๆ ช่วยตรวจสอบว่าวัสดุที่เด็กนำมาใช้รักษาสีแวดล้อมหรือไม่ และนำมาปรับปรุง จากนั้นครูจัดโอกาสให้เด็ก

ได้นำเสนอการทำกระตังของตนเองให้พี่ๆ ชั้นอื่นและผู้ปกครองฟังในงานวันลอยกระทงของโรงเรียน ก่อนที่จะนำกระตังไปลอยด้วยกัน

บทสรุป

การจัดประสบการณ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับเด็กอนุบาลไม่ได้มีจุดมุ่งหมายให้เด็กเติบโตไปประกอบอาชีพเป็นวิศวกร แต่เป็นการปลูกฝังให้เด็กอนุบาลได้เรียนรู้การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ประกอบไปด้วยการรวบรวมข้อมูล การวางแผน การทดสอบ การประเมิน และการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้แนวทางการแก้ปัญหา หรือการตอบสนองความต้องการที่เหมาะสมที่สุด ภายใต้กฎเกณฑ์และเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งการส่งเสริมให้เด็กเป็นนักแก้ปัญหาตั้งแต่ยังเล็ก ทำให้เด็กมีภูมิคุ้มกันในการรับมือกับข้อจำกัดที่มีอยู่มากมายในการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งต้องอาศัยการประยุกต์ประสบการณ์และแนวคิดอย่างยืดหยุ่นเพื่อให้ผ่านความท้าทายนั้นไปได้ ก่อให้เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง และการเห็นคุณค่าของสิ่งอื่นซึ่งเป็นพื้นฐานของการประสบความสำเร็จในการเรียนรู้และการใช้ชีวิตประจำวันในขั้นต่อไปของชีวิต

อย่างไรก็ดี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมยังไม่เป็นที่แพร่หลายในการนำไปใช้พัฒนาเด็กปฐมวัยในบริบทไทย หากครูปฐมวัย นักวิชาการ ผู้ที่ศึกษาต่อในด้านที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอน หรือทำวิจัยในชั้นเรียน ก็จะได้นวัตกรรมและองค์ความรู้ใหม่ที่น่าสนใจ และเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาเด็กปฐมวัยที่เหมาะสมกับบริบทไทยต่อไป

References

- Blank, J. & Lynch, S. (2018). *Growing in stem the design process: Engineering Practices in Preschool*. Retrieved February, 2019 from <https://www.naeyc.org/resources/pubs/yc/sep2018/design-process-engineering-preschool>.
- Choosinkhunnawut, K. (2014). Krabuānkān ‘ōk bæp choēng witsawakam khu‘arai [What is engineering design process]. *IPST Magazine*, 42(190),37-41.
- Cunningham, P. R. Mott, M. S. & Hunt, A-B. (2018). Facilitating an elementary engineering design process module. *School Science and Mathematics*, 118(1-2),53-60.
- Ertas, A., & Jones, J. C. (1996). *The engineering design process*. 2nd ed. United States of America: Wiley.
- Grubbs, M., & Strimel, G. (2015). Engineering design: The great integrator. *Journal of STEM Teacher Education*, 50(1),77-90.



- Mangold, J. & Robinson, S. (2013). *The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms*. Retrieved September, 2018 from <https://escholarship.org/content/qt8390918m/qt8390918m.pdf>.
- Museum of Science, Boston. (2018). *The Engineering Design Process*. Retrieved October, 2018 from <https://www.eie.org/overview/engineering-design-process>.
- National Research Council [NRC]. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington DC : National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.
- Office of the Education Council. (2016). *Research report for proposing policy proposals for promotion of educational management of STEM education in Thailand*. Bangkok : Prikwarn Graphic.
- Pahl, G. Beitz, W. Feldhusen, J. & Grote, K.-H. (2007). *Engineering design a systematic approach*. New York : Springer Publishing Company.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST]. (2014). *sathāban songsoēmkan̄sōṇwīthayāsāt wīthayāsāt læ theknōlōyī [IPST.] [STEM education: Learning innovation in 21st century]*. Retrieved September 2018, from <http://www.stemedthailand.org/?activity=powerpoint>.